



OMVS
Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal

P.O.G.R.

PROGRAMME D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

EXPERTISES SUR LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA GESTION DES OUVRAGES

Addendum à la Version Provisoire

TOME 5

A : AGRICULTURE DE DECRUE
B : IRRIGATION
C : POPULATIONS
D : ELEVAGE
E : EAUX SOUTERRAINES
F : QUALITE DES EAUX

Auteurs : P Kosuth, F Corniaux, S Touzi

Juin 1999

Mission Française de Coopération





OMVS

ETUDE D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS DU FLEUVE SENEGAL

Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur L'AGRICULTURE DE DECRUE

Rapport de synthèse
Version Provisoire

Mission Française de Coopération

Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur l'Agriculture de Décrue

Rapport de synthèse – Version Provisoire

La question qui nous intéresse ici est celle de l'impact potentiel de la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal sur l'Agriculture de décrue.

Pour cela il importe d'abord de rappeler le mode de fonctionnement passé et actuel de l'agriculture de décrue, son lien à la dynamique de la crue et son articulation avec les autres pratiques traditionnelles(pêche et élevage) ou récentes (Agriculture irriguée)

TABLE DES MATIERES

I. Les données sur les cultures de décrue

I.A. La morphologie de la vallée, les cuvettes d'inondation et leur fonctionnement hydrologique

La vallée du Fleuve à l'aval de Bakel est organisée en affluents, défluents et cuvettes d'inondation. Les affluents majeurs sont rares (Gorgol, Ferlo) et l'on trouve essentiellement des affluents issus de petits bassins versants, dont les apports sont négligeables en terme de volumes annuels.

A l'exception du Doué qui s'écoule de façon permanente parallèlement au Sénégal sur plus de 200 km, les défluents sont le plus souvent temporaires et se mettent en eau lors de la montée des crues (Dioulol, Diamel, Koundi,…). A l'occasion des fortes crues ils génèrent un écoulement parallèle au Fleuve qu'ils rejoignent plus à l'aval. A l'occasion des crues plus faibles, ils ont un écoulement alternativement dans deux directions : du fleuve vers les zones d'inondation lors de la montée de crue, des zones d'inondation vers le Fleuve lors de la décrue.

Un réseau complexe de défluents secondaires et tertiaires se met en eau en fonction de l'ampleur de la crue. Il s'agit toujours d'anciens bras ou axes d'écoulement du Fleuve qui se sont retrouvés isolés par des dépôts de sédiments.

Nous présentons en annexe 1 le cas de la zone du Diamel qui illustre bien la complexité de ce réseau de défluents mis en eau au cours de la crue.

Les cuvettes sont formées progressivement par les dépôts sédimentaires (ou « bourrelets de berges ») qui se constituent le long des berges des défluents lors du retrait des eaux.

Lors du retrait des eaux après les crues, des dépôts sédimentaires se forment le long des berges des défluents. Ils délimitent progressivement des zones de dépression qui deviennent des cuvettes d'inondation, généralement reliées au cours d'eau (fleuve ou défluent) par un chenal d'alimentation et de vidange. Des structures plus complexes se rencontrent où les cuvettes sont alimentées par un chenal et se vidangent par un autre, ou bien sont organisées en chapelets, une cuvette se vidangeant dans une autre,…

Dans tous les cas le remplissage et la vidange d'une cuvette dépendent du régime de crue dans le Fleuve, de la topographie du chenal (longueur, largeur, cote du fond) et de la géométrie de la cuvette (courbe hauteur-débit). Les deux graphiques suivants illustrent le remplissage et la vidange de la cuvette de Pete au cours des saisons d'hivernage 1997-1998 et 1998-1999 :

On constate qu'en 1997-1998 (année ou la crue a correspondu à la crue type de gestion du Fleuve) le niveau a atteint 8.85 m IGN dans le Fleuve et 8.65 m dans la cuvette soit une superficie inondée de 4.2 km². Le niveau dépassé 3 semaines était de 8.45 m dans le Fleuve et 8.40 dans la cuvette, ce qui a correspondu à une superficie submergée 3 semaines de 2,5 km².

En 1998-1999 le niveau a atteint 9.70 m IGN dans le Fleuve et 9.50 m dans la cuvette ce qui correspond à une superficie inondée de 15 km². Le niveau dépassé 3 semaines était de 9.25 m dans le Fleuve et 9.10 dans la cuvette, soit une superficie submergée 3 semaines de 10 km².

Ainsi les deux crues très différentes se sont traduites par un écart très important dans le potentiel cultivable (submergé 3 semaines) et dans le potentiel écologique (submergé au moins une journée). On notera également qu'il n'y a pas égalité entre le niveau maximum dans le Fleuve et le niveau maximum dans la cuvette.

I.B. Les Unités définies par Chaumeny

Comme indiqué plus haut la vallée est organisée en défluents et cuvettes interconnectés. Chaumeny (1973) a délimité un ensemble d'Unités Naturelles d'Equipements (U.N.E.) au sein desquelles on peut considérer que le fonctionnement hydrologique est homogène.

I.C. La quantification de l'extension des zones inondées

Les sources de données

Reconnaissances aériennes

- Crue 1971, LE RICOLLAIS, ORSTOM (les zones inondées ont été inventoriées à partir de survols aériens reportés ensuite sur des photographies aériennes) Résultats ?
- Crue 1996, LE RICOLLAIS, ORSTOM (les zones inondées ont été inventoriées à partir de survols aériens reportés ensuite sur des photographies aériennes) Résultats ?

Télédétection

- Crue 1985: Rapport N°5, Laboratoire de télédétection/ Département de géographie/ Université de Dakar, juin 1986, Les données NOAA et l'inventaire des superficies inondées et des cultures de décrue dans la vallée du Sénégal

Classe 1 : eaux estuariennes et lacustres-cuvettes de décantation inondées par la crue
Classe 3 : zones humides (bordures exondées des cuvettes de décantation)
Résultats

	Surfaces inondées (1)	Surfaces humides (2)
25 septembre	12200	280000
30 septembre	47000	236000
1 octobre	53000	295000
2 octobre	57000	214000

(1) surfaces effectivement couvertes d'eau (sans eaux lacustres et estuariennes)
(2) dont terrains humides à la suite de précipitations

- Crue 1986: Cellule d'évaluation et de planification continue, OMVS-BDPA, juillet 1987, utilisation des données SPOT pour l'inventaire des superficies inondées et des superficies des cultures de décrue dans le vallée du Sénégal (traitement numérique d'images SPOT, cartes des zones inondables et carte au 1 :50000 de périmètres aménagés)
- Crue 1988: Cellule d'évaluation et de planification, OMVS-BDPA (photomontage de la vallée à partir de 15 scènes SPOT, poster au 1 :400000) Résultats ?
- Crue 1990: Cellule d'évaluation et de planification, OMVS-BDPA (traitement numérique partiel d'images SPOT) Résultats ?
- Crues 1997-1998: Programme d'Optimisation de la gestion des réservoirs, Phase II, Impact de la crue sur le remplissage des cuvettes dans la vallée du Fleuve Sénégal (Inventaires par traitement d'images SPOT pour le tronçon de vallée Matam-Podor), OMVS-IRD

Estimations

- 1972 : Reizer, C. 1974, Définition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un écosystème aquatique complexe par l'étude de son environnement abiotique, biotique et anthropique. Thèse de la Fondation Universitaire Luxembourgeoise (reprends les données de CHERET, 1960)
- 68, 69, 70 et 73 : Modèle hydraulique de SOGREAH : estimation des superficies inondées 15 jours, 30 jours et 45 jours et estimations des zones d'inondation maximum en 68, 69, 70 et 73. Modèle sans validation des superficies inondées et avec une marge d'erreur entre niveaux du fleuve simulés et observés de 11 à 16 cm.
- 68 à 82 : Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS. Rapport Phase 1- Volume 1B- Optimisation de la crue artificielle. Rapport définitif, Sir Alexander GIBB and Partners, EDF, Euroconsult, juin 1987 (reprends le modèle des UNE de CHAUMENY et détermine les surfaces inondées 15 jours, 45 jours ; estime que les surfaces cultivables sont celles inondées entre 15 et 45 jours)
- 93/94 : PDRG, 1994

Les données sur les superficies inondées par la crue

Crue	Rive droite			Rive gauche			Vallée			Source
	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	
1944									**10000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960)
1945										
1946										
1947										
1948										
1949										
1950									**500000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960)
1951										
1952										
1953									**370000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960)
1954										
1955										
1956										
1957										
1958										
1959										
1960										
1961										
1962										
1963										
1964										
1965										
1966										
1967									**500000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15)
1968									**220000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15)
1968									**164000**	Gibb 1987 (S15)
1969									**395000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15)
1969									**396000**	Gibb 1987 (S15)
1970									**335000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15)
1970									**336000**	Gibb 1987 (S15)
1971									**380000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15)
1971									**385000**	Gibb 1987 (S15)
1972									**20000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15)
1972									**41000**	Gibb 1987 (S15)
1973									**180000**	Gibb 1987 (S15)
1974									**414000**	Gibb 1987 (S15)
1975									**313000**	Gibb 1987 (S15)
1976									**77000**	Gibb 1987 (S15)
1977									**86000**	Gibb 1987 (S15)
1978									**112000**	Gibb 1987 (S15)
1979									**46000**	Gibb 1987 (S15)
1980									**147000**	Gibb 1987 (S15)
1981									**149000**	Gibb 1987 (S15)
1982									**70000**	Gibb 1987 (S15)
1983										
1984										
1985									**214000**	Les données NOAA, Université de Dakar, 1986 (1)
1986									**288163**	Utilisation des données SPOT, OMVS-BDPA, 1987
1987										
1988										
1989										
1990										
1991										
1992										
1993						108400				PDRG 1994
1994										
1995										
1996										
1997							30957	46394	**77351**	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, 1999 (2)

Rive gauche Total	Vallée Amont	Vallée Aval	Vallée Total	
108400	**30957**	**46394**	**230575**	**Moyenne 1946-1999**
108400	**30957**	**46394**	**148968**	**Moyenne 1972-1999**
			332583	**Moyenne 1946-1971**

(1) chiffre, approximatif, de toutes les zones humides
(2) Aval: de Fanaye à Mbagne ; Amont: de Mbagne à Kanel

(grisé)	données considérées comme les plus fiables de l'année et ainsi retenues pour les analyses ultérieures

I.D. La quantification des superficies exploitées en cultures de décrue

Les sources de données

Enquêtes

- 1946-1947, 1947-1948, 50-51, 51-52, 52-53, 53-54, 54-55, 55-56, 56-57, 57-58, 61-62, 63-64, 64-65, 65-66, 66-67, 67-68, 68-69, 69-70, 70-71 : Service de l'agriculture- Rapports annuels de la 3ème circonscription agricole, puis de l'Inspection Régionale de l'Agriculture du Fleuve (cultures de Oualo en mil, niébé, maïs dans les départements de Dagana, Podor, Matam)
- 1973-1974, 74-75, 80-81, 81-82, 83-84, 85-86, 86-87, 88-89, 89-90, 91-92, 94-95, 96-97 : Rapports annuels de l'Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (cultures de Oualo en sorgho, maïs, niébé, patates dans les départements de Dagana, Podor, Matam et Bakel)
- 1985-1986, 1986-1987 1987-1988, 1988-1989, 1989-1990, 1990-1991, 1991-1992, 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995, 1995-1996, 1996-1997 : Enquêtes de la Sonader (superficies cultivées en céréales dans le Walo et en décrue contrôlée)
- 1957-1958 : MISOES (Mission socio-économique du fleuve Sénégal)- La moyenne vallée du Sénégal, 1962, Presses Universitaires de France
- 1970-1971 : Recensement FAO

Reconnaissances aériennes

- 1970-1971 : M.JUTON/M.MUTSAARS, juin 1971 AFR/REG 61, Etude hydroagricole du bassin du fleuve Sénégal/ Inventaire des superficies cultivées en décrue
- 1972-1973 : M.BENSOUSSAN/M.MUTSAARS, mars 1973 AFR/REG 65/061, Etude hydroagricole du bassin du fleuve Sénégal/ Inventaire des superficies cultivées en décrue
- 1973-1974 : A.O/HAMDINOU/D.RIJKS, mars 1974 PNUD, FAO, OMVS, RAF 73/060 RAF65/061, Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal en coopération avec le projet Etude hydroagricole du bassin du fleuve Sénégal/ Inventaire des superficies cultivées en décrue
- 1976-1977, 1977-1978, 1978-1979 : inventaires par vol effectués dans le cadre du volet socio-économique de l'Etude de la Gestion des Ouvrages communs de l'OMVS, sous l'égide du PNUD et de la FAO

Remarques : Méthodologie mise au point par JUTON et MUTSAARS

1. Cadrage des photographies aériennes sur un jeu de cartes au 1/50000
2. Survol de la vallée et transcription directe des observations sur la couverture photographique
3. Transfert des tracés de la couverture photographique aux cartes 1/50000
4. Coloriage et planimétrage au 1/50000
5. Présentation d'ensemble au 1/20000

Télédétection

- Crues 1997-1998 : Programme d'Optimisation de la gestion des réservoirs, Phase II, Impact de la crue sur le remplissage des cuvettes dans la vallée du Fleuve Sénégal (Inventaires par traitement d'images SPOT pour le tronçon de vallée Matam-Podor), OMVS-IRD

Estimations

- JUTON, Etude hydroagricole du bassin du fleuve Sénégal, AFR/REG 61, Les cultures de décrue et l'hypothèse 300 m3/s, août 1970 (se base sur l'enquête MISOES de 57-58 pour établir la relation suivante : aval total= 1.4RG ; amont total= 2RG ; il l'applique ensuite aux recensements des services de l'agriculture de la Rive Gauche pour les années 1946-1947, 1947-1948, 56-57, 57-58, 61-62, 63-64, 64-65, 65-66, 66-67, 67-68, 68-69, 69-70)

- 1946-1947, 1947-1948, 50-51, 51-52, 52-53, 53-54, 54-55, 55-56, 56-57, 57-58, 61-62, 63-64, 64-65, 65-66, 66-67, 67-68, 68-69, 69-70, 70-71, 72-73, 73-74, 76-77, 77-78, 78-79, 80-81 : Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation dans F. GUERBER, 1985 (reprends les données de JUTON, 1970, pour les années 1946-1947, 1947-1948, 56-57, 57-58, 61-62, 63-64, 64-65, 65-66, 66-67, 67-68, 68-69, 69-70)
- 63-64, 64-65, 65-66, 66-67, 67-68, 68-69, 69-70 : Projet Hydroagricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV : le secteur de l'agriculture, Roland RODTS, décembre 1972
- 1972 : Reizer, C. 1974, Définition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un écosystème aquatique complexe par l'étude de son environnement abiotique, biotique et anthropique. Thèse de la Fondation Universitaire Luxembourgeoise
- JUTON, Relations entre les superficies cultivées en décrue et certaines caractéristiques des crues, 1979 (synthétise les données des inventaires de 70-71, 72-73, 73-74, 76-77, 77-78 et 78-79)
- 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84: Groupement Manantali, 1985, OMVS, Centrale hydroélectrique Manantali, Rapport final
- 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86 : Gersar/CACG-Euroconsult-Sir Alexander GIBB-SONED, 1988, PDRG, Schéma directeur de Matam. Document provisoire
- Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS. Rapport Phase 1- Volume 1B- Optimisation de la crue artificielle. Rapport définitif, Sir Alexander GIBB and Partners, EDF, Euroconsult, juin 1987 (reprends les données de JUTON, 1979)
- Dr.G.E. HOLLIS, Institute for Development Anthropology, Août 1990, The Senegal River Basin Monitoring Activity, Hydrological Issues : Part I
- 1993-1994 : PDRG, 1994

Les données sur les superficies cultivées en décrue

	Rive droite			***Rive gauche***			***Vallée***			***Source***
	Amont	*Aval*	*Total*	*Amont*	*Aval*	*Total*	*Amont*	*Aval*	***Total***	
1946-1947							45000	55900	**100000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1946-1947				22500	39900	62400				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1947-1948							46000	58800	**105000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1947-1948				23000	42000	65000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1948-1949										
1949-1950										
1950							54000	65900	**119999**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1950				27000	47100	74100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1951							66000	50500	**116000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1951				33000	36100	69100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1952							50200	47700	**98000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1952				25100	34100	59200				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1953							42000	46200	**88000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1953				21000	33100	54100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1954							60000	71300	**131000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1954				30000	50900	80900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1955							45000	56100	**101000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1955				22500	40100	62600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1956							70200	72200	**142000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1956				35100	51600	86700				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1957							67400	76000	**143000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1957				33700	54300	88000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1957	32650	16800	49450	31950	43600	75500	64600	60400	**125000**	Enquête MISOES, La moyenne vallée du Sénégal, 1962, Presses Universitaires de France (Cité par JUTON, 1970) (5)
1958										
1959										
1960										
1961							28400	50100	**78500**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1961			28500			50000			**78500**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1961				14200	35800	50000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1962										
1963							40200	54300	**94500**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1963			35600			58900			**94500**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1963				20100	38800	58900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1964							41000	67900	**108900**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1964			39900			69000			**108900**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1964				20500	48500	69000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1965							42000	81200	**123200**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1965			44200			79000			**123200**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1965				21000	58000	79000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1966							66200	51100	**117300**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1966			47700			69600			**117300**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1966				33100	36500	69600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1967							69000	71500	**140500**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)

1967			54900			85600			**140500**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1967				34500	51100	85600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1968							52200	34100	**86300**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1968			35800			50500			**86300**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1968				26100	24400	50500				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1968				20572	26785	47357				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999)
1969							60000	35400	**95400**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprends les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1969			40100			55300			**95400**	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1969				30000	25300	55300				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1970									**110000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1970	14700	26200	40900	27900	34300	62200	42600	60500	**103100**	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1970	18645	29750	48395	23840	38050	61890	42485	67800	**110285**	M.JUTON/M.MUTSAARS, juin 1971 AFR/REG 61 (3) (12)
1970				21800	33700	55500				Recensement FAO 1970-1971 (Cité par JUTON/MUTSAARS, 1971) (7) (12)
1970				17435	14680	32115				Services de l'agriculture (Cité par JUTON/MUTSAARS, 1971)
1970				21368	18009	39377				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999)
1971										
1972									**15000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1972	1500	1500	3000	4900	5800	10700	6400	7300	**13700**	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1972	3000	1500	4500	4900	5840	10740	7900	7340	**15240**	M.BENSOUSSAN/M.MUTSAARS, mars 1973 AFR/REG 65/061 (3) (12)
1972									**15000**	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990)
1973									**97000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1973	8600	17700	26300	27100	28800	55900	35700	46500	**82200**	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1973	15100	19800	34900	30100	32000	62100	45200	51800	**97000**	A.O/HAMDINOU/D.RIJKS, mars 1974 PNUD, FAO, OMVS, RAF 73/060 RAF65/061 (3) (10) (12)
1973				20025	39594	59619				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999)
1974									**30000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1974				17618	42491	60109				Services de l'agriculture Sénégal (1999)
1975									**30000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1976									**30000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1976	4000	6500	10500	7300	11600	18900	11300	18100	**29400**	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1976			15140			17585			**32725**	Inventaire OMVS/PNUD avec la méthode JUTON (Cité dans Les données NOAA, Université de Dakar, 1986)
1976									**29000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1977									**30000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1977	800	2900	3700	6000	5700	11700	6800	8600	**15400**	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1977			4168			11402			**15570**	Inventaire OMVS/PNUD avec la méthode JUTON (Cité dans Les données NOAA, Université de Dakar, 1986)
1977									**15000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1978									**62500**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1978	8700	9600	18300	19800	19800	38600	28500	28400	**56900**	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1978									**55000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1979									**14000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1979									**7460**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1980									**66000**	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1980									**30000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1980									**13740**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1980						29391				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1981									**66000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1981									**15260**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1981						34306				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)

1982									**7150**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1982						16062				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1983									**17000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1983									**5240**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1983						5235				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1984									**0**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1984									**16000**	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1985									**6620**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1985			24500			21040			**45540**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1986									**64350**	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1986			38700			76362			**115062**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1987			35130							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1988			32438			32387			**64825**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1989			34467			35632			**70099**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1990			18822							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1991			22037			9090			**31127**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1992			16612							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1993			26695			44200			**70895**	Sonader (1999) (1)/PDRG 1994
1994			29720			41264			**70984**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1995			38529							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1996			20194	28163	8585	36748			**56942**	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1997							17015	20857	**37872**	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, 1999 (11)

10770	**13225**	**28869**	**22948**	**33055**	**50909**	**43217**	**49096**	**67677**	**Moyenne 1946-1999**
5957	**8500**	**21826**	**16591**	**20021**	**32134**	**19852**	**23612**	**38577**	**Moyenne 1972-1999**
21998	**24250**	**42313**	**25491**	**38269**	**63995**	**52118**	**58805**	**109386**	**Moyenne 1946-1971**

(1) superfices cultivées en céréales en Walo et décrue contrôlée
(2) Le walo du Gorgol est exclu des chiffres.
La limite amont – aval est fixée à Mbagne en rive droite et à la défluence du Doué en rive gauche. Le périmètre de Dagana et le périmètre de Nianga sont exclus des chiffres
(3) Evaluation par excès, qui ne dépasse pas 10% (survol aérien)
(4) Superficies de Oualo en basse et moyenne vallée (RG: Statistiques annuelles/RD: estimations basées sur l'enquête MISOES)
(5) La limite entre les zones "aval" et "amont" passe approximativement par, OREFONDE et DIORBIVOL sur la rive gauche, OUOLOUM NERE sur la rive droite
(6) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM
(7) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL (1000 ha)
(8) aval total= 1.4RG ; amont total= 2RG
(9) la zone amont comprend les 1500 ha du GORGOL
(10) Il n'est tenu compte que des cultures oualo et non falo
(11) Aval: de Fanaye à Mbagne ; Amont: de Mbagne à Kanel
(12) Aval: de Rosso à Kaedi; Amont: de Kaedi à Bakel
(13) Superficies de sorgho, maïs, niébé, patates
(14) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL
[grey box] données considérées comme les plus fiables de l'année et ainsi retenues pour les analyses ultérieures

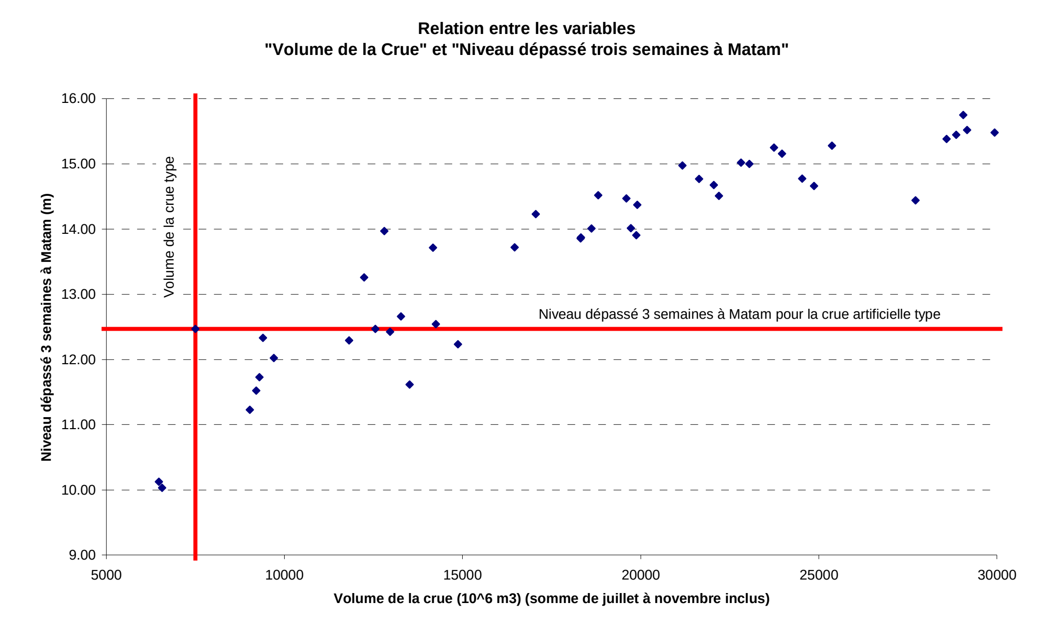
L'extension des superficies cultivées en fonction de l'amplitude de la crue

Il est intéressant de confronter ces estimations de superficies cultivées en décrue avec le niveau du Fleuve enregistré aux différentes stations.

L'Etude Gibb adoptait le volume de la crue comme la variable représentative de l'ampleur de la crue. Le volume de la crue était défini comme la somme des volumes passés à Bakel en juillet, août, septembre, octobre et novembre.

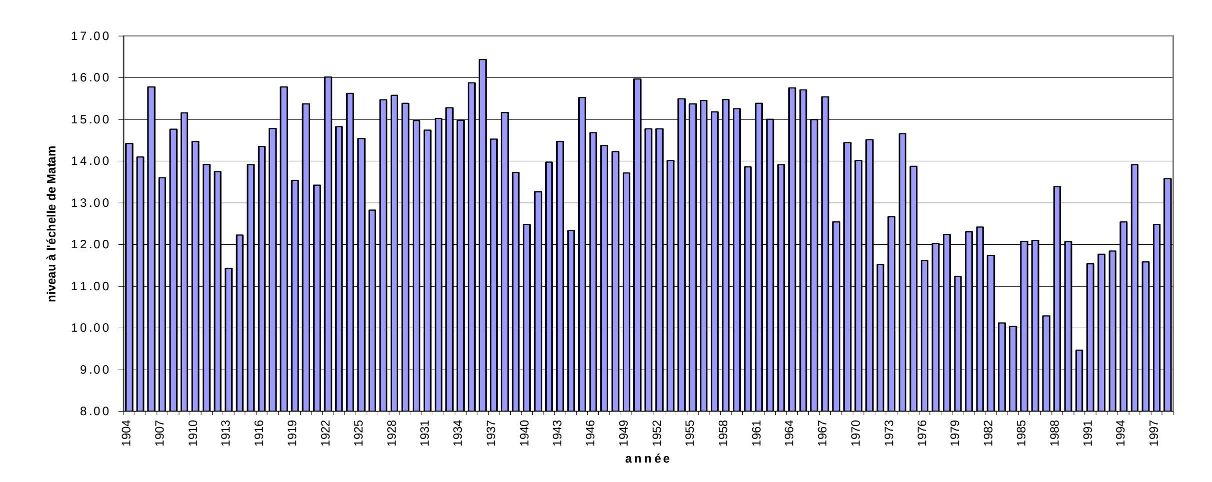
Nous préférons adopter le niveau dépassé 3 semaines à Matam comme représentatif de l'extension de la crue et du potentiel de cultures de décrue.

Le graphique ci-dessous illustre le fait que la relation entre ces deux variables n'est pas univoque, un faible volume de crue pouvant donner un même niveau dépassé 3 semaines à Matam qu'une crue de volume élevé. C'est particulièrement le cas pour la crue artificielle qui cherche avec un faible volume (7 500 Millions de m3) à générer un niveau dépassé trois semaines (à Matam ou ailleurs) aussi élevé que possible (12,47m).



Le graphique suivant traduit les changements intervenus sur la variable « Niveau dépassé 3 semaines à Matam » au cours du siècle.





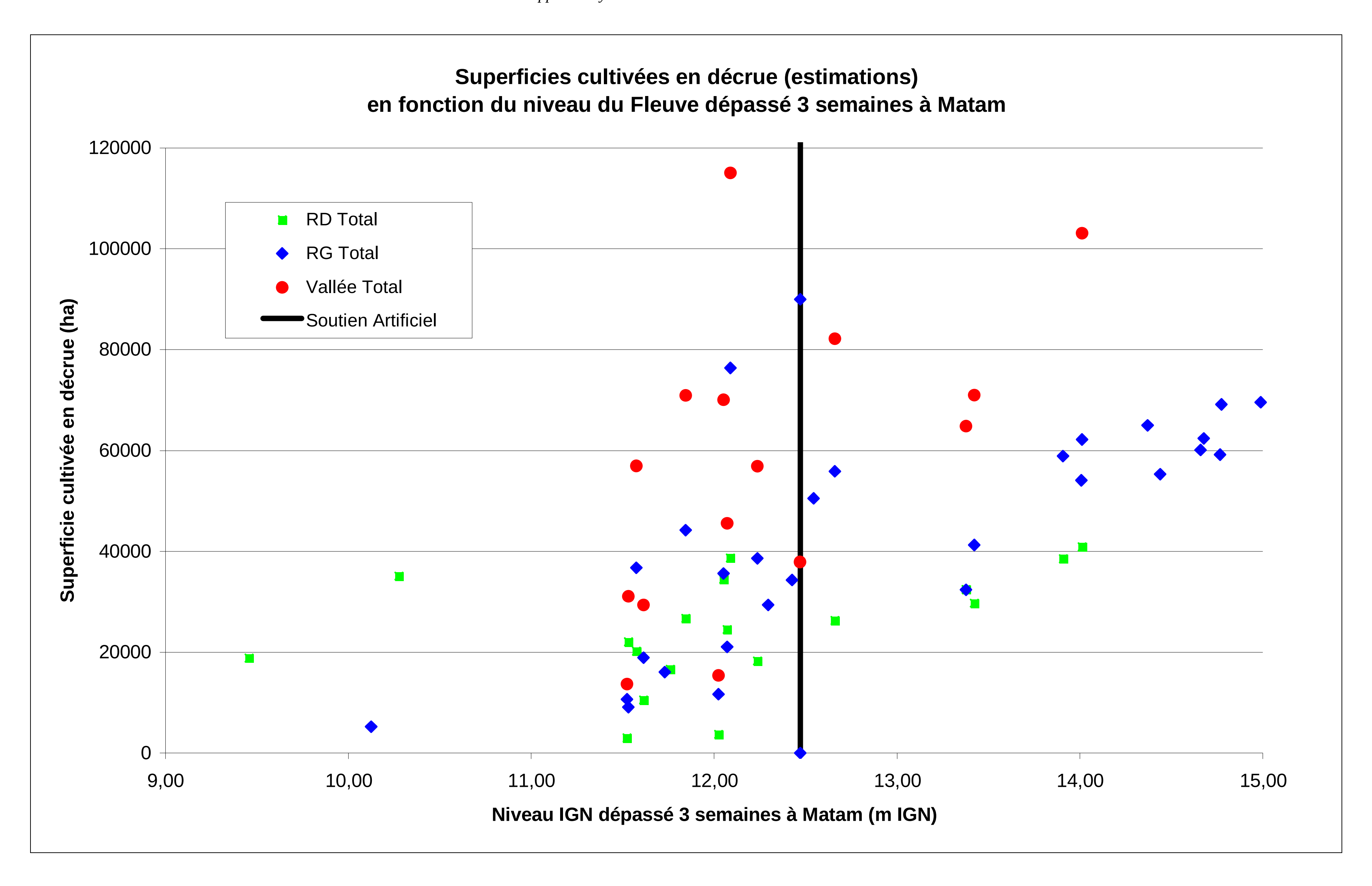
- *sur le siècle la valeur moyenne est de 13.88 m IGN (valeur médiane 14.35 m IGN)*
- *entre 1902 et 1972 la valeur moyenne est de 14.54 m IGN (valeur médiane 14.76 m IGN)*
- *entre 1973 et 1996 la valeur moyenne est de 11.97 m IGN (valeur médiane 12.04 m IGN)*

La période de sécheresse de 1972 à 1996 a réduit de 2.57 m la hauteur moyenne de la crue à Matam et de 2.72 m sa hauteur médiane. La sécheresse a donc très fortement réduit l'ampleur des inondations.

La figure de la page suivante met en perspective sur un même graphique les superficies cultivées en décrue et le niveau d'eau dans le Fleuve à Matam en période de crue.

Malgré la variété des sources de données et des méthodes d'estimation des superficies cultivées en décrue on reconnaît une relation entre ampleur de la crue (exprimée à partir du niveau dépassé 3 semaines à Matam) et superficies cultivées en décrue. Cette relation semble moins nette en rive droite (les années 1987 et 1990 enregistrent une base de culture de décrue alors que l'ampleur de la crue a été minime, ceci étant en partie dû à la décrue contrôlée).

Pour le soutien artificiel de crue (l'année 1997-1998 étant prise comme représentative) on peut estimer que la superficie cultivable en décrue est de l'ordre de 70 000 ha répartis en 45 000 ha en rive gauche et 25 000 ha en rive droite (ceci vient confirmer les doutes sur les résultats de l'estimation des cultures de décrue 1998 menée par traitement d'images satellite de février 1998 - BRLi).


Superficies cultivées en décrue (estimations)
en fonction du niveau du Fleuve dépassé 3 semaines à Matam
Superficie cultivée en décrue (ha)
120000
100000
80000
60000
40000
20000
0
RD Total
RG Total
Vallée Total
Soutien Artificiel
9,00
10,00
11,00
12,00
13,00
14,00
15,00
Niveau IGN dépassé 3 semaines à Matam (m IGN)

II. Les stratégies de mise en valeur des zones de walo

Population concernée :

L'étude Gibb estimait de 40 000 à 50 000 le nombre de familles paysannes pratiquant les cultures de décrue dans la Vallée du Fleuve Sénégal '370 000 personnes).

On ne dispose pas actuellement de réponse satisfaisante à la question de la durée de submersion nécessaire pour mener à maturité une culture de décrue.

Aviron-Viollet rappelle que les estimations varient de 15 jours (Gibb) à 1 mois (Groupement de Manantali) et que chez les agriculteurs interrogés, 83% donnent une réponse comprise entre 3 et 7 semaines, et 67% indiquent une durée de submersion de 5 semaines.

Sur un plan purement agronomique la durée de submersion nécessaire est conditionnée par :

- Les besoins en eau de la plante, Vbesoin
- La vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, I
- La profondeur racinaire, $P_{racinaire}$
- La capacité de rétention du sol, RU

De façon simplifiée $T_{submersionnécessaire} = \frac{\min\left[P_{racinaire}.RU, V_{besoin}\right]}{I}$

Les estimations de besoins en eau menées par Rijks sont (moyennes sur 4 ans observées à Guédé et Kaédi)

	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Total
Sorgho	70	110	140	150	80	550mm

La réserve en eau utile des sols sur l'ensemble de la profondeur racinaire (Pracianire * RU) proposée par le Groupement de Manantali est de 250 à 300 mm.

En fait on constate couramment que les agriculteurs sèment sur les terres qu'ils jugent insuffisamment submergées (15% des cultures selon Hamdinou – Rijks au cours de la campagne 1973-1974). Ceci s'explique par plusieurs éléments de stratégie :

- Même sans arriver à maturité le sorgho fournit un fourrage pour le bétail
- La charge de travail et le coût des premiers semis demeurent suffisamment modérés (la force de travail est de toutes façon mobilisée dans l'attente de la décrue) ce qui permet de courir le risque d'une mauvaise maturation
- Le semis est une façon de marquer le domaine foncier

Il semblerait donc particulièrement pertinent de mener des études systématiques sur un ensemble de cuvettes sélectionnées :

- Dynamique hydrologique de remplissage vidange en fonction d'un scénario hydrologique dans le Fleuve
- Caractérisation hydrodynamique spatialisée de la cuvette (texture, humidité initiale, infiltration, capacité de rétention)
- Suivi de la stratégie de mise en culture
- Suivi du développement de la culture (profondeur racinaire, rendement)
- Suivi hydrique du sol
- Elaboration de courbes de rendement en fonction de la durée de submersion
- Etude agronomique de techniques d'amélioration de la culture de décrue :
    - Sélection variétale
    - Travail préliminaire du sol pour améliorer l'infiltration
    - Effets du sarckage et de la lutte contre les adventices
    - Utilisation de fertilisants
    - Avantage comparatif du sarclage avant la crue par rapport au sarclage après début de décrue sur le gain de temps dans le calendrier cultural
    - …

III. L'impact potentiel de la gestion du Fleuve sur les zones de décrue

III.A. Analyse du remplissage de la cuvette de Nabadji en régime naturel et en régime de soutien artificiel de crue

Le recours à des modèles simplifiés de la dynamique du Diamel et de la cuvette permet alors de quantifier l'impact de la sécheresse naturelle ou de la stratégie de gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal sur cette cuvette. Pour cela on a effectué deux simulations sur 25 années (1952-1998) du fonctionnement hydrologique du système Fleuve Sénégal, Diamel et cuvette de Nabadji : la première simulation en régime naturel du Fleuve, la seconde en régime de soutien artificiel de crue.
Les graphiques ci-dessous présentent, pour la période 1952-1998, la chronique des surfaces submergées 1 jour (surface inondée maximum), 15 jours, 3 semaines et 5 semaines en régime naturel du Fleuve et en régime de soutien artificiel de crue.

Graphique des durées de submersion de la cuvette de Nabadji en régime naturel	Graphique des durées de submersion de la cuvette de Nabadji en régime de soutien artificiel de crue

Analyse :

Smax Smin Smoyen Smoyen période normale S moyen période sécheresse S inondée 1 année sur 2 S inondée1/2 en période normale S inondée ½ en période de sécheresse Du fait de la sécheresse le « potentiel écologique de zone humide » a diminué de XXX % et le « potentiel de production agricole en cultures de décrue » a diminué de XXX %.	Smax Smin Smoyen Smoyen période normale S moyen période sécheresse S inondée 1 année sur 2 S inondée1/2 en période normale S inondée ½ en période de sécheresse

On peut ainsi analyser, dans le cas de la cuvette de Nabadji, l'effet de la gestion du barrage de Manantali sur les caractéristiques (intensité, fréquence) de l'inondation, en comparaison du régime naturel.

Potentiel écologique de zone humide
Sur la période hydrologique « normale » 1952-1972 la modification du régime naturel par la gestion de Manantali aurait fait passer la superficie maximale inondée moyenne de XXX ha à XXX ha, soit une réduction du potentiel écologique de XXX %.
Sur la période sèche 1973-1998, la superficie inondée moyenne serait passée de XXX ha en régime naturel à XXX ha en régime de gestion, soit une XXX du potentiel écologique de XXX %.

Interprétation

Potentiel de production agricole en culture de décrue
Sur la période hydrologique « normale » 1952-1972 la modification du régime naturel par la gestion de Manantali aurait fait passer la superficie cultivable en cultures de décrue (submersion de 3 semaines) moyenne de XXX ha à XXX ha, soit une réduction du potentiel agricole de XXX %.

Sur la période sèche 1973-1998, la superficie cultivable en cultures de décrue moyenne serait passée de XXX ha en régime naturel à XXX ha en régime de gestion, soit une XXX du potentiel écologique de XXX %.

Interprétation

Nota : la même démarche pourrait être appliquée pour quantifier l'impact sur la cuvette de Nabadji d'une stratégie de gestion du Fleuve abandonnant le soutien artificiel de crue.

Conclusion

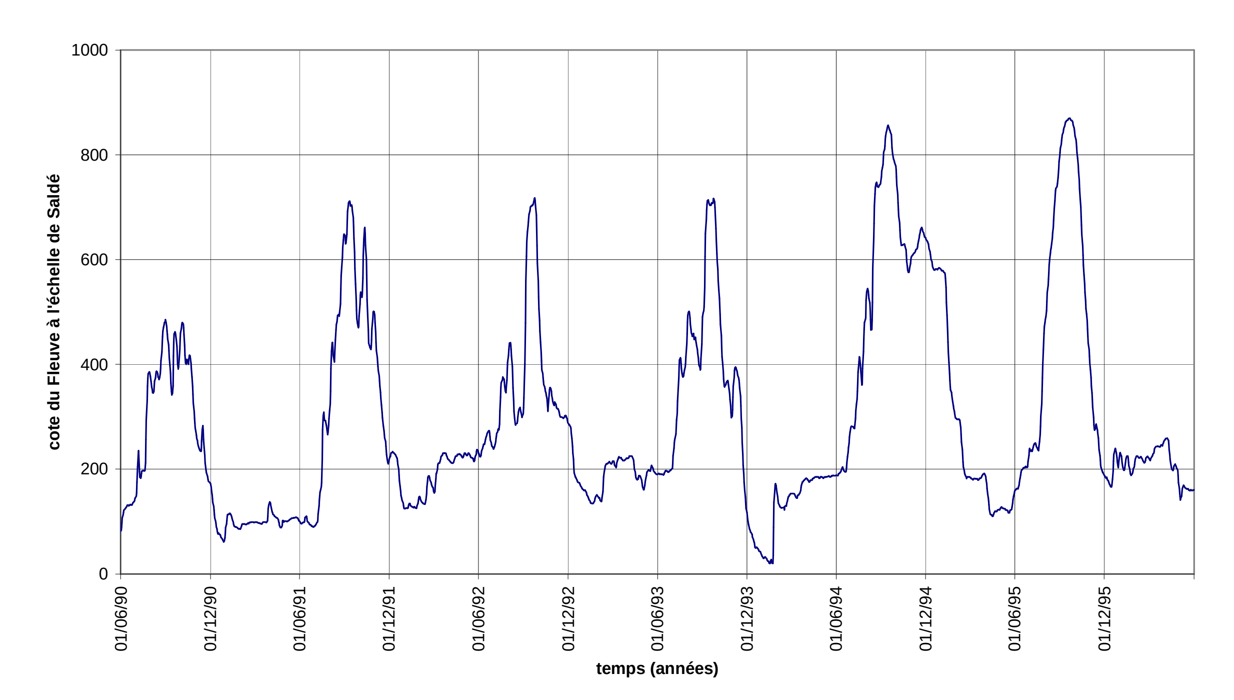
Nous disposons donc d'une méthodologie simple et robuste pour analyser la dynamique pluriannuelle d'inondation d'une cuvette et de potentialité de mise en valeur (potentiel écologique de zone humide et potentiel de mise en valeur agricole par cultures de décrue) en fonction de scénarios (climatique et de gestion des ouvrages du Fleuve). Cette méthodologie peut être mener à bien en l'espace d'une saison d'hivernage (de préférence deux saisons).

Cette méthodologie peut être mise eau service d'études à caractère écologique ou agro économique. Elle pourra (devra) être affinée pour quantifier les pertes par infiltration (saturation des sols et recharge de la nappe), pour traiter les cuvettes de dynamique plus complexe (plusieurs chenaux d'alimentation, chapelets de cuvettes,…), ou pour étudier l'impact d'aménagements.

Cette méthodologie permet d'étudier une ou plusieurs cuvettes mais ne semble pas apte à globaliser les résultats au niveau de l'ensemble d'une région comme la zone du Diamel. Le changement d'échelle nécessite des démarches complémentaires (étude du fonctionnement des réseaux de défluent, bilan volume par grands tronçons du Fleuve).

III.B. Les contraintes de gestion des barrages pour les cultures de décrue

Il est à noter que les discussions avec les agriculteurs ramènent toujours à la « catastrophe de 1994 ».
Lors de l'hivernage 1994-1995 la crue a été très bonne et lorsque la décrue a commencé les agriculteurs ont semé sur de très grandes surfaces de walo (du moins en périphérie de ce qui devait être de très grandes surfaces). Une nouvelle pointe de crue (correspondant à la vidange du barrage de Manantali pour cause de réparation du parement amont) est alors arrivée, engloutissant les jeunes plants et surtout ennoyant pendant près de trois mois les zones qui devaient être semées. La durée de cette seconde crue a été telle que la remise en culture n'a pas été possible ce qui a totalement détruit les espoirs de récolte



Une telle erreur de gestion ne doit pas se reproduire : il serait préférable, lorsque la nécessité de vidange est planifiée, de lâcher l'eau en anticipant le sommet de la crue ou avec le sommet de la crue de façon à respecter le rythme de vidange des zones de walo.

IV. Conclusions et recommandations

Quel est l'avenir du soutien artificiel de crue ?

La crue artificielle constitue un enjeu environnemental, humain et économique. Elle permet de préserver la biodiversité d'un écosystème de zone humide en milieu sahélien, garante d'équilibres essentiels pour les populations : par exemple la préservation de l'écosystème forestier est une sécurité contre les problèmes d'ensablement et de désertification.

Il reste une incertitude ambiante sur la volonté des pays partenaires à maintenir sur le long terme cette crue artificielle.

- Le maintien à long terme de la crue artificielle semblait apparaît comme une conditionnalité du Groupe des Bailleurs de Fonds pour le financement de l'équipement hydroélectrique du barrage de Manantali,

- Mais simultanément diverses études font des hypothèses à long terme incompatibles avec le maintien de la crue artificielle. A titre d'exemple l'Etude de « Réactualisation de la clef de répartition des coûts et charges des ouvrages communs de l'OMVS »[1] retient comme base de calcul les potentiels agricoles de :
-

Mali	9000 ha
Mauritanie	126 000 ha
Sénégal	240 000 ha

Ces chiffres impliquent de sacrifier le soutien de crue artificielle et d'utiliser toute la capacité de stockage du barrage de Manantali en période de crue pour un report de l'eau vers la saison sèche, au détriment du régime de crue et d'inondation de la vallée.

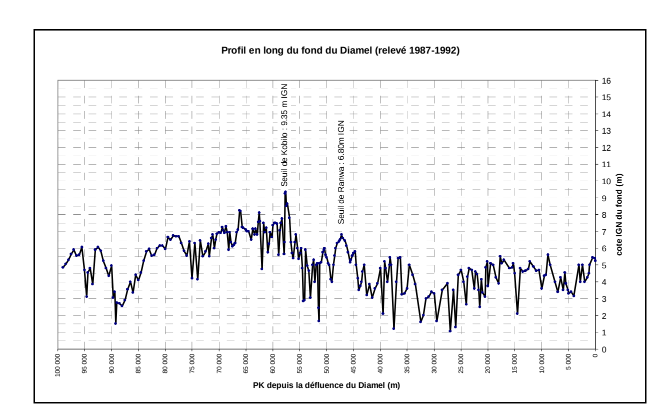
[1] Cette étude, menée à la demande du Haut Commissariat de l'OMVS, a été remise en janvier 1998 par le « Fiscal Allocation Team » de Utah State University. Ses données de base ont été présentées pour approbation en Conseil des Ministres de l'OMVS,

Références bibliographiques « Cultures de décrue »

1979	Relations entre les superficies cultivées en décrue et certaines caractéristiques des crues Auteur : Juton		
1987	Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS Rapport de phase 1 – Volume 1B : Optimisation de la crue artificielle Rapport de phase 2 – Volume 2A : Scénarios d'utilisation de l'eau Auteurs : Sir Alexander Gibb & Partners, EDF International, Euroconsult		
1987	La calebasse et la houe : techniques et outils des cultures de décrue dans la vallée du Fleuve Sénégal *Lericollais, Schmitz* *Cahiers ORSTOM, Série Sciences Humaines* *Vol. XX n°3-4, pp. 427-452*		
1990	La culture de décrue dans la Vallée du Fleuve Sénégal Auteur : Aviron-Violet		AFD
1979	Relations entre les superficies cultivées en décrue et certaines caractéristiques de la crue Auteur : Juton		
1970	Modèle Hydrodynamique de la Vallée du Fleuve Sénégal, SOGREAH Manuel d'utilisation		
1972	Modèle Hydrodynamique de la Vallée du Fleuve Sénégal, SOGREAH Rapport sur le réglage (calage) du modèle		
1972	Modèle Hydrodynamique de la Vallée du Fleuve Sénégal, SOGREAH Etude de la crue de 1970, de la crue de 1968 et de trois crues artificielles		
1972	Modèle Hydrodynamique de la Vallée du Fleuve Sénégal, SOGREAH Etude du volume des eaux ayant stationné dans le lit majeur du Fleuve Sénégal		
1977	Modèle Hydrodynamique de la Vallée du Fleuve Sénégal, SOGREAH Etude d'exécution du barrage de Diama ; rapport sur l'exploitation du modèle mathématique		
1981	Modèle Hydrodynamique de la Vallée du Fleuve Sénégal, SOGREAH Exploitation du modèle dans le cadre des études de développement hydroagricole de la vallée avec le barrage de Manantali et en tenant compte ou non de l'influence du barrage de Manantali sur les crues		
1990	Etude des U.N.E. (Unités Naturelles d'Equipement) du Fleuve : inventaire et caractéristiques des affluents et défluents, recensement des usagers de l'eau et des exploitations, étude des cuvettes inondables RIM MDR, Direction du Génie Rural		
1982	Inventaire des ressources du Sud-Ouest Mauritanien : géologie, sols et pâturages. Gestion des ressources renouvelables R.I.M. Remote Sensing Institute, South Dakota State University, USAID Contrat AID / afr-C-1619		

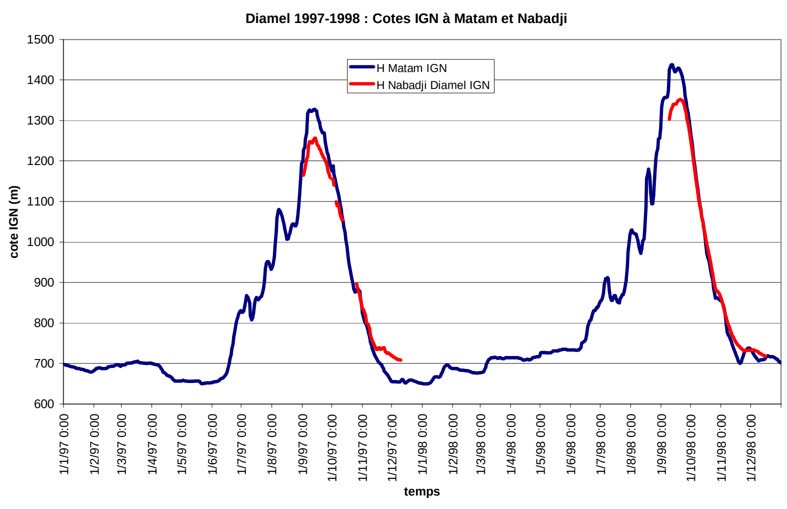
Annexe 1 : Exemple de fonctionnement d'une zone d'inondation, le Diamel et d'une cuvette de décrue, la cuvette de Nabadji. Effets respectifs de la sécheresse et de la gestion sur l'ampleur et la durée de submersion de la cuvette

La zone du Diamel (cf. Image satellite Spot en fin de crue 1997 page suivante) est organisée en plusieurs sous-systèmes mis en évidence par les Unités Naturelles d'Equipement définies par Chaumeny (1973).



L'image satellite montre, lors de la pointe de crue, une continuité hydraulique des différents marigots depuis l'entrée du Diamel jusqu'à la jonction avec le Doué. Ceci permet de comprendre la dynamique d'inondation de la zone. La crue pénètre dans la zone du Diamel par l'axe Diamel lorsque le niveau du Fleuve à Matam dépasse la cote 5.50 à 6.00 m IGN(cf. Profil topographique en long du Diamel). A mesure que la crue s'amplifie d'autres axes de pénétration de l'eau du Fleuve dans la zone se mettent en action comme le Waltoundé à hauteur de Diorbivol. L'eau pénètre également dans l'aval de la zone par le Doué. Lorsque la cote à Matam dépasse 11.0m le Diamel (avec un retard de quelques jours) franchit le seuil de Kobilo et remplit l'ensemble des bras du réseau de marigots (d'anciens bras du Fleuve Sénégal qui ont été isolés au fil des siècles par des dépôts sableux) qui alimentent les grandes cuvettes d'inondation. Chaque Unité d'Equipement Naturel a donc un fonctionnement hydrologique qui lui est propre, lié à sa situation par rapport au réseau de marigots et au Fleuve Sénégal.

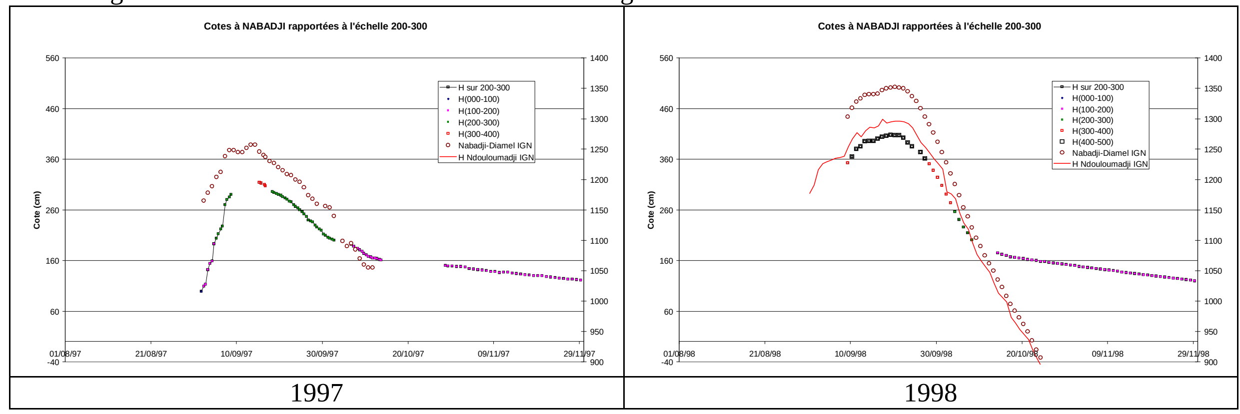
La dynamique de l'inondation dans le Diamel a été suivie lors des crues de 1997 et 1998. La crue de 1997-1998 est particulièrement intéressante puisqu'elle a été soutenue par le barrage de Manantali de façon à s'approcher au mieux de l'hydrogramme de référence OMVS (Hydrogramme Gibb A modifié ORSTOM). Elle fournit donc une bonne indication quant à la dynamique du Diamel et de ses zones d'inondation en période de crue de référence.



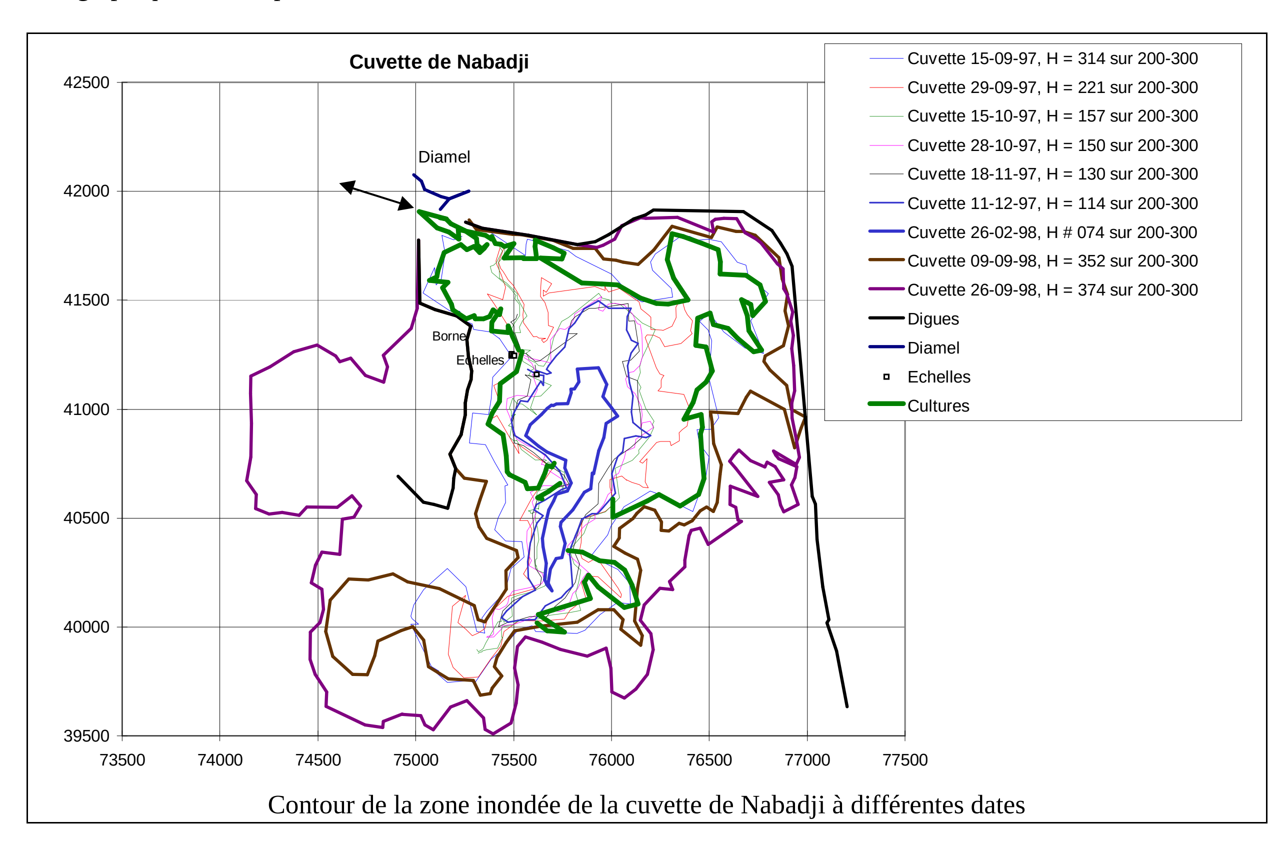
La crue de 1998 a été particulièrement forte, les niveaux maximum ayant été de 1m supérieurs à ceux de 1997. La figure ci-dessus représente l'évolution des niveaux dans le Fleuve Sénégal (Matam) et dans le Diamel (Nabadji à 20 km de la défluence du Diamel). Tant que le niveau dans le Fleuve croît, le niveau du Diamel croît avec un retard de quelques jours (remplissage). Lorsque le niveau du Fleuve décroît il décroît également sous l'effet conjugué d'une alimentation plus faible par le Fleuve et d'une vidange par l'aval. Lorsque le niveau du Fleuve atteint 10,5 m IGN, le Diamel passe sous le niveau du seuil de Kobilo et se trouve donc coupé à l'aval. Il ne se vidange plus que par un retour au Fleuve Sénégal et son niveau est alors supérieur à celui du Fleuve.

Le remplissage et la vidange de la cuvette de Nabadji ont été suivis au cours des deux crues de 1997 et 1998, selon une méthodologie simple développée par l'IRD et appliquée sur une dizaine de cuvettes en Rive Gauche et en Rive Droite du Fleuve. Cette méthodologie consiste d'une part lire quotidiennement pendant la crue deux batteries d'échelles limnimétriques installées l'une dans l'axe de circulation de l'eau (ici le Diamel) et l'autre dans la cuvette d'inondation (la cuvette de Nabadji), d'autre part à relever au GPS le contour de la zone inondée à intervalles de temps régulier pendant la crue. Après la décrue le pourtour de la zone cultivée a été relevé au GPS ce qui permet de localiser la zone cultivée par rapport à l'extension maximum de la crue.

On obtient ainsi à la fois une information sur la relation dynamique entre les niveaux du Diamel et de la cuvette, et sur la géométrie de la cuvette comme l'illustrent les figures ci-dessous.



Le graphique suivant présente l'évolution du contour de la zone inondée à différentes dates



Contour de la zone inondée de la cuvette de Nabadji à différentes dates

On peut ainsi déterminer la courbe d'évolution de la surface inondée en fonction du temps et les valeurs de superficie inondée pour différentes durées de submersion



OMVS



ETUDE D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS DU FLEUVE SENEGAL

Situation actuelle de
L'AGRICULTURE IRRIGUEE
en relation avec la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal

Rapport de synthèse

Version Provisoire

Mission Française de Coopération

Situation actuelle de l'Agriculture Irriguée en relation avec la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal

Rapport de synthèse – Version Provisoire 19/01/1999

L'irrigation constitue, avec l'hydroélectricité et la navigation, un enjeu majeur de la conception et de la gestion des aménagements du Fleuve Sénégal. Dans une région sahélienne aride, particulièrement marquée par les effets de la sécheresse depuis le début des années 1970, la possibilité de sécuriser l'accès à la ressource en eau pour la production agricole est un facteur clef de la sécurité alimentaire des populations locales et nationales.

Le secteur irrigué de la Vallée du Fleuve Sénégal fait cependant face à de nombreuses interrogations, regroupées de manière simplifiée dans les quatre questions ci-dessous :

1. Quelle est la ressource en eau disponible et quelles sont les potentialités d'aménagements hydro-agricoles compatibles avec cette ressource à moyen et long terme ?
2. Comment partager cette ressource en eau entre les différents acteurs et au premier titre entre les pays partenaires ?
3. Comment programmer, arbitrer et gérer les investissements nécessaires à la création de l'infrastructure de maîtrise de l'eau ?
4. Comment développer le secteur irrigué dans le contexte économique et sociologique actuels ?

Ces questions sont au cœur des préoccupations des pouvoirs publics des pays partenaires, de l'OMVS, des organismes Bailleurs de Fonds et, pour certaines d'entre elles, des acteurs privés.

La présente synthèse se concentre sur la relation ente la Gestion des eaux du Fleuve Sénégal et les besoins et potentialités du secteur Irrigué.
Nous n'abordons donc directement que les questions 1 (adéquation entre aménagements et ressource en eau disponible) et 3 (arbitrages nécessaires dans la gestion de cette adéquation).

Nous n'abordons la question 2 (partage de la ressource) que sous l'angle des outils pouvant permettre de gérer une politique de partage décidée par les Etats. Le partage de l'eau relève en effet avant tout du domaine des politiques nationales et internationales.

Nous n'abordons pas ici la question 4 (dynamique socio-économique du Secteur Irrigué) qui dépasse le cadre des responsabilités de l'OMVS. Le rôle de l'OMVS est en effet d'assurer la cohérence de la gestion du Fleuve et la fiabilité de l'accès à la ressource en eau dans le cadre de partage défini par les Etats partenaires. La valorisation « aval » de cette eau relève des acteurs nationaux et de l'organisation des filières. Ceci ne traduit bien sûr pas un désintérêt ou une sous-estimation de cette question. La contribution du secteur irrigué à la production alimentaire régionale et nationale, son retour sur les investissements qui lui ont été consentis aux dépens d'autres secteurs, sa complémentarité avec les systèmes de production traditionnels (pêche, élevage et cultures de décrue) dépendent essentiellement de la maîtrise que l'on a de cette question difficile. Ainsi , à l'exception de quelques cas particuliers, les faibles taux de mise en valeur des périmètres irrigués actuellement observés ne résultent pas d'un manque de disponibilité de la ressource en eau mais d'une difficulté à maîtriser l'organisation de la filière, depuis l'accès aux crédits de campagne jusqu'à la commercialisation en passant par l'entretien des périmètres.

Ce rapport est organisé en quatre parties :

1. Un rappel des données de base sur l'irrigation : la ressource en eau disponible, les potentialités de sols irrigables, les cultures irriguées et leurs besoins en eau,…
2. Les objectifs d'aménagement et de gestion de l'eau fixés par les Plans Directeurs
3. L'état actuel (1998) du Secteur irrigué : superficies aménagées et cultivées, consommations en eau,…
4. Les stratégies d'aménagement à moyen terme et leur implications en terme de gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal

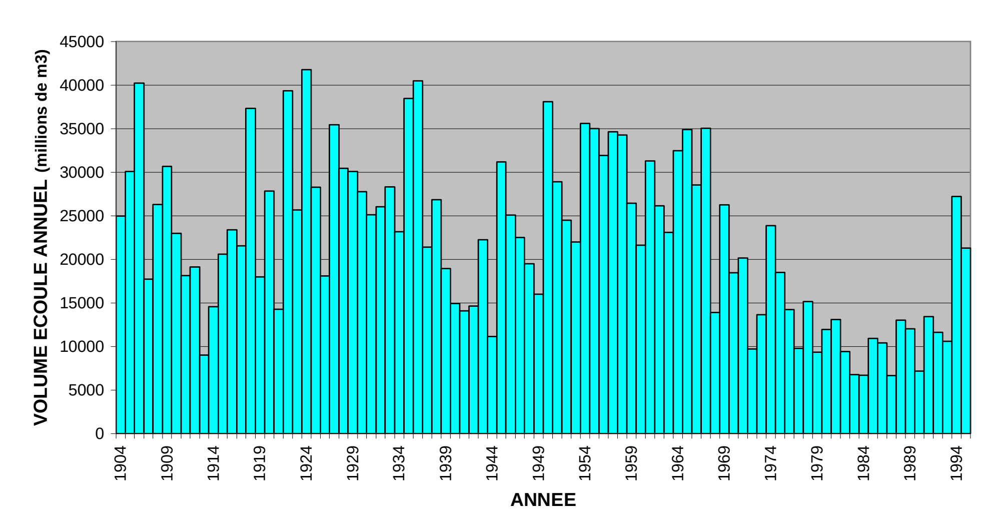
I. Données de base sur l'irrigation : la ressource en eau disponible, les potentialités de sols irrigables, les cultures irriguées et leurs besoins en eau,…

I.A.Les ressources en eau disponibles

La définition même de ressource en eau disponible n'est pas simple. Elle dépend fortement de deux facteurs : le climat et le mode de gestion des réservoirs (dans le cas du Fleuve Sénégal il s'agit essentiellement du barrage de Manantali, d'une capacité de 8 Milliards de m3). Nous verrons au point 4 les principaux modes de gestion des réservoirs envisagés. Nous présentons ici les données sur la lame d'eau écoulée dans le Fleuve au niveau de Bakel et sur les différentes pertes à l'aval (donc non utilisables pour l'irrigation).

Le graphique ci-dessous présente le **volume d'eau annuel écoulé à Bakel** depuis le début du siècle.



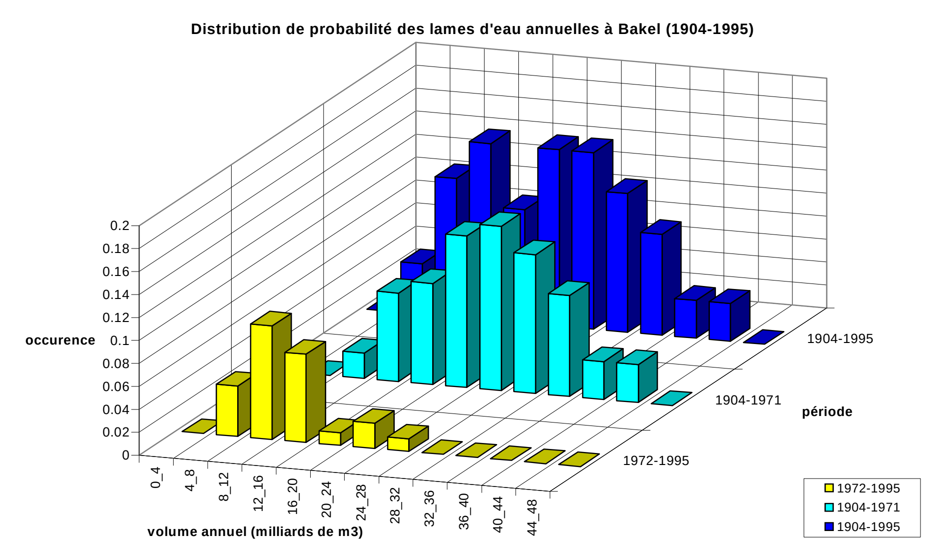


La lame d'eau annuelle écoulée à Bakel a atteint 42 milliards de m3 en 1924 mais n'était que de 6,5 milliards de m3 en 1983, 1984 et 1987. Le graphique illustre la très forte variabilité interannuelle de ce volume d'eau :

- de 1904 à 1971 le volume moyen annuel a été de 25,8 milliards de m3
- de 1972 à 1995 il a été de 12,8 milliards de m3,

soit une réduction de moitié de la lame d'eau écoulée moyenne à Bakel à partir de 1972. Au total, de 1904 à 1995 le volume moyen annuel écoulé à Bakel a été de 22,4 milliards de m3.

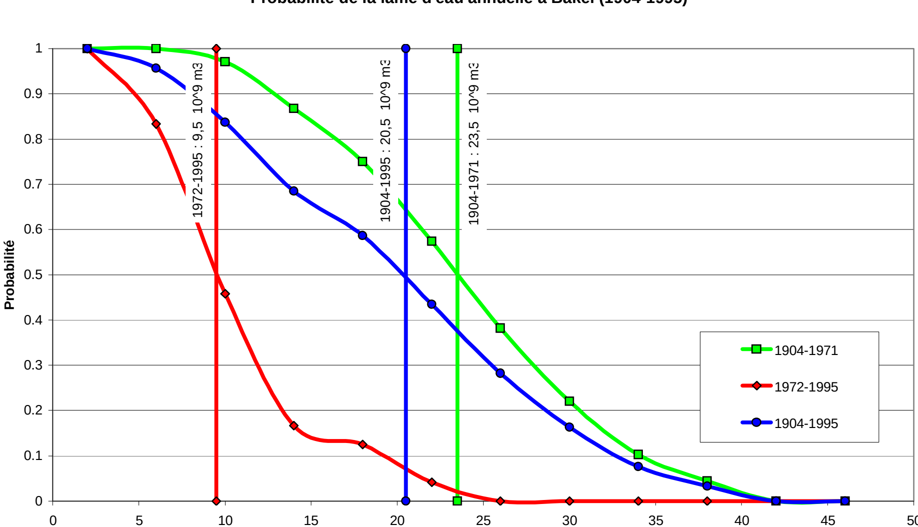
Le graphique suivant illustre plus précisément le caractère de sécheresse accentuée de la période 1972-1995 comparé à l'ensemble du siècle : 11 des 12 années les plus sèches du siècle ont eu lieu sur cette période.



Il est donc très difficile de caractériser de façon simple la ressource en eau annuellement disponible.

Le graphique ci-dessous permet d'estimer la probabilité d'obtenir un certain volume à Bakel. Pour un volume annuel donné à Bakel, il fournit en ordonnée la probabilité d'obtenir au moins ce volume. Ainsi ***sur la période 1904-1995*** (trait bleu avec cercles) :

- le volume annuel de 20,5 milliards de m3 a une probabilité de 0,5 : cela signifie qu'il est atteint en moyenne 1 année sur 2.
- en revanche le volume de 29 milliards de m3 a une probabilité de 0,2 et ne sera donc dépassé qu'une année sur 5 (année quinquennale humide).
- à l'inverse le volume de 12 milliards de m3 a une probabilité de 0,8 ce qui signifie qu'il sera dépassé 4 années sur 5 (année quinquennale sèche).



Si l'on considère ***la période 1972-1995*** comme période de référence, les volumes disponibles ont été bien moindres :

- le volume de probabilité 0,5 (dépassé une année sur 2) est de 9,5 milliards de m3,
- le volume d'année quinquennale humide est de 13 milliards de m3,
- le volume d'année quinquennale sèche est de 7 milliards de m3.

Il convient d'apporter des **corrections** à cette valeur de volume annuel disponible à Bakel :

- une partie de cette eau, de l'ordre de 0,8 milliards de m3 par an, est perdue par évaporation le long du cours d'eau entre Bakel et Diama (pour une longueur de 750 km, une largeur moyenne de 300m et une évaporation moyenne de 10 mm/j,il s'agit là d'estimations, on obtient un volume perdu par évaporation le long du cours d'eau de l'ordre de 0,8 milliards de m3/an ou 22,5 millions de m3/jour ou 21 m3/s).
- une partie de ces eaux est perdue par évaporation dans les zones d'inondation. Pour une zone inondée de 100 000 ha pendant 3 mois (là encore il s'agit uniquement d'une estimation) le volume perdu par évaporation serait de 0,9 milliards de m3.
- Les échanges (apports ou pertes) avec la nappe viennent également modifier l'estimation du volume d'eau annuel disponible. On peut en première approche faire l'hypothèse d'un bilan équilibré à l'échelle annuelle (infiltration vers la nappe en période de crue, restitution de la nappe en étiage)
- Les apports par les pluies sur le bassin à l'aval de Bakel entrent également en ligne de compte, mais peuvent être considérées comme faibles.
- Les pertes par évaporation au niveau du Lac de Rkiz et du Lac de Guiers, dont le fonctionnement s'apparentent à des usages (humains et environnementaux), doivent également être prises en compte.

En résumé on peut considérer que les pertes à l'aval de Bakel sont de l'ordre de 1,5 à 2,0 milliards de m3.

Cette disponibilité nette de la ressource en eau ne constitue pas une disponibilité réelle pour des usages puisqu'elle est structurée dans le temps avec un apport dominant en période de crue et faible en période d'étiage. Seule la gestion du réservoir de Manantali permet d'effectuer un report d'une partie de l'eau (celle qui s'écoule par le Bafing) de la saison de crue à la saison d'étiage.

I.B. Les potentiels de surface en termes de sols aptes à l'irrigation

Il est opportun de rappeler quelques chiffres qui apparaissent parfois dans les débats ou la littérature (synthèse du PDRG) et qui concernent les surfaces de sols aptes à l'irrigation (FAO 1977) :

Potentiel de sols irrigables dans la Haute Vallée :	14 229 ha
Potentiel de sols irrigables dans la Moyenne Vallée :	132 360 ha
Potentiel de sols irrigables dans la Basse Vallée :	190 381 ha
Potentiel de sols irrigables dans le Delta :	39 473 ha
Potentiel total de sols irrigables dans la Vallée :	**375 000 ha**
dont Potentiel de sols irrigables en Rive Droite :	135 000 ha
dont Potentiel de sols irrigables en Rive Gauche :	240 000 ha
Potentiel de sols cultivables en pluvial dans la vallée (sols sableux Diéri)	**125 000 ha**
Potentiel total de sols cultivables dans la Vallée :	**500 000 ha**

Nota : les terres de walo ont des potentialités de terres irrigables et apparaissent donc dans la catégorie des « sols irrigables ».

Ces potentialités sont uniquement liées aux qualités des sols. Il s'agit donc de potentialités virtuelles puisqu'elles se heurteraient à la contrainte de disponibilité de la ressource en eau.

I.C. Les cultures irriguées et leurs besoins en eau

Le tableau ci-dessous (selon PDRG 1994) donne une idée des calendrier culturaux et des possibilités d'assolement et de rotations entre les trois saisons culturales.

	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
	CSF		Contre Saison Chaude				Hivernage				Contre Saison Froide	
			Riz 135 jours					Riz 120 jours				
	Légumes Tomates 140 jours							Maïs Sorgho 120 jours				
	Maïs Sorgho 120 jours					Niébé 135 jours						

Hivernage
L'hivernage correspond traditionnellement à la saison de culture pluviale, les cultures étant mises en place dès les premières pluies. Sur les périmètres irrigués de la vallée c'est le riz qui est la culture dominante, avec de fréquents retards dans le calendrier cultural dus aux difficultés de préparation de la campagne (entretien des GMP, crédits acquisition des semences,…).

Contre saison froide
L'étude de l'IDA 1994 (p. 208) signale l'apparition et le développement du maraîchage de contre-saison froide (décembre à avril) en deuxième culture après le riz d'hivernage. Cette culture fournit une production de légumes frais pour l'alimentation des ménages pendant les mois chauds et secs et garantit des revenus monétaires (vente au marché) qui peuvent être réinvestis dans la production rizicole d'hivernage.
Selon des entretiens avec la SAED en Janvier 1999, les cultures de contre saison froide se pratiquent de Novembre à Février – Mars. Elles se font donc uniquement sur des parcelles qui n'ont pas été mises en culture en hivernage (on note un désaccord avec IDA 1994) et qui ne seront pas exploitées en contre saison chaude. Il s'agit généralement de maïs ou de maraîchage qui se pratique sur des sols légers. On constate ainsi que dans des casiers ou des PIV, certaines parcelles sont, en raison de leurs sols, réservées à la culture de contre saison froide.

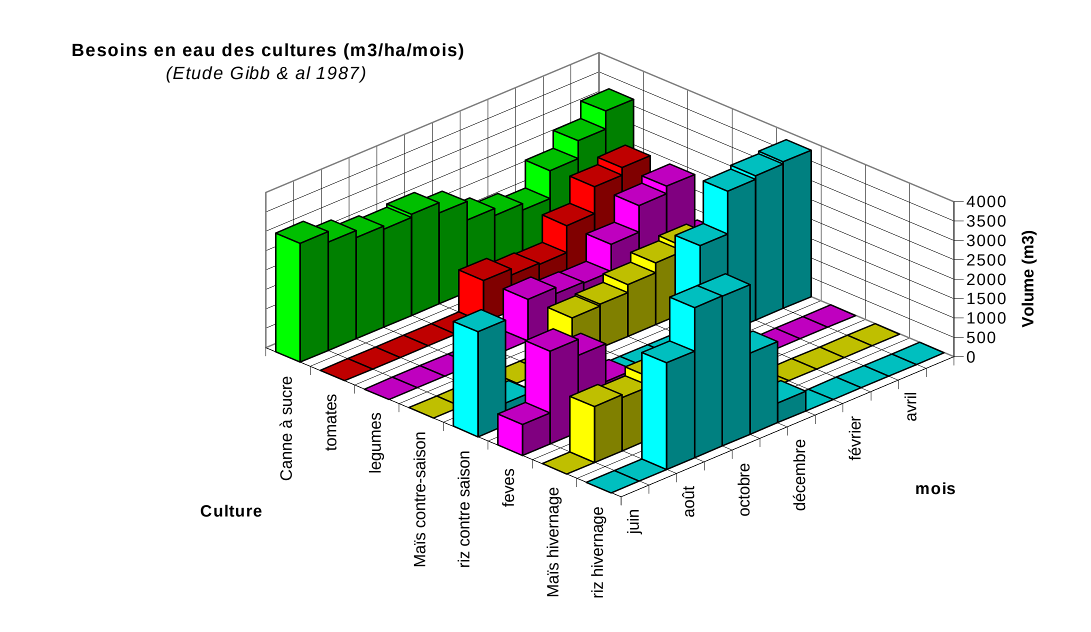
Contre saison chaude

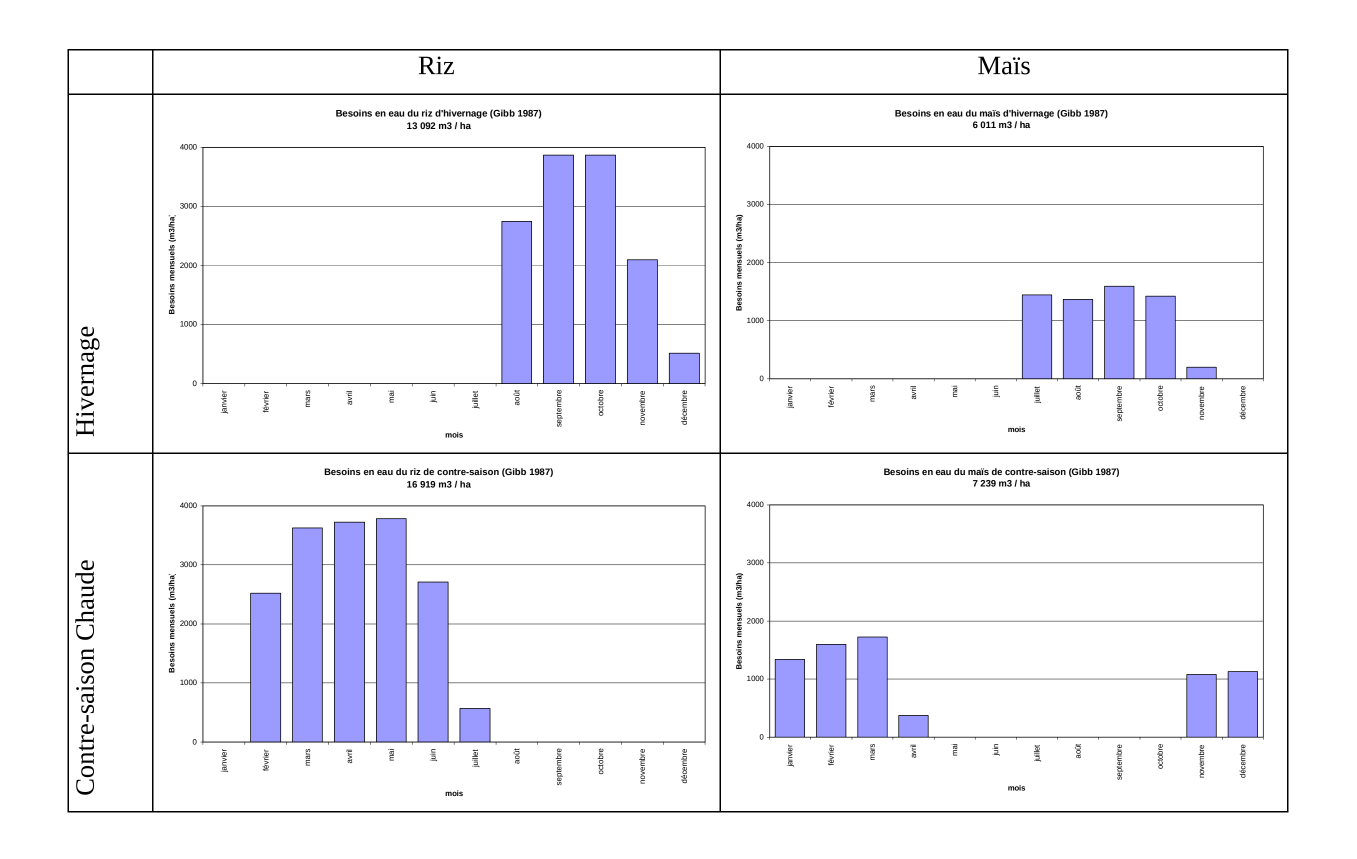
De février à juin, lors des mois les plus chauds, l'irrigation permet de mener une seconde culture. Cette pratique demande une bonne maîtrise de l'irrigation et une organisation technique et financière rigoureuse. Elle s'observe sur les périmètres ayant une autonomie de fonctionnement, plus rarement sur les grands périmètres où la mise en route de l'infrastructure d'ensemble pour une faible superficie cultivée n'est pas viable.

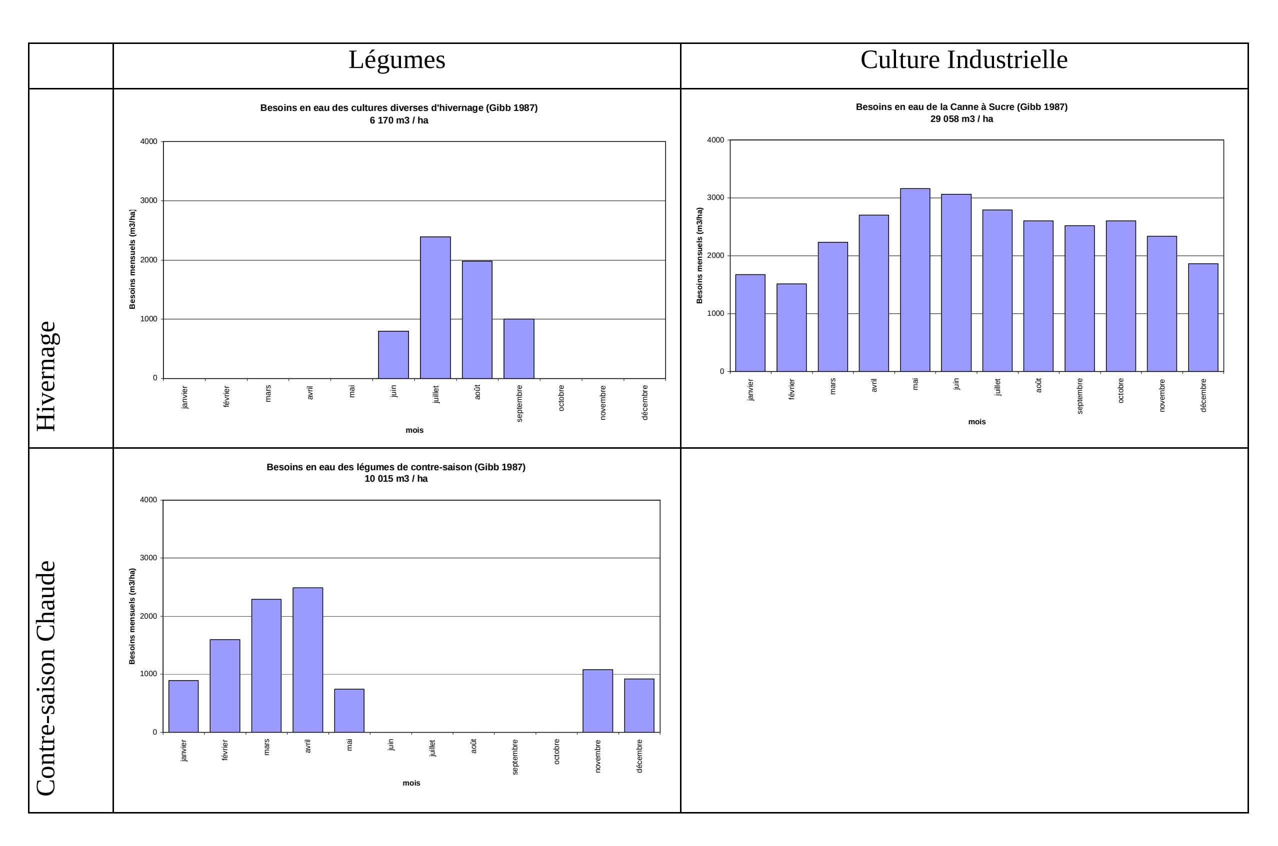
L'Etude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS (1987) fournit une évaluation des besoins en eau des cultures (besoins théoriques de la plante et efficience d'application à la parcelle en irrigation gravitaire), résumée dans le tableau ci-dessous :

	Besoins théoriques des différentes cultures à la parcelle (m3/ha/mois) *									
	Hivernage				Contre-saison chaude				Cultures industrielles	
	riz hivernage	Maïs hivernage	feves		riz contre saison	Maïs contre-saison	legumes		Canne à sucre	tomates
janvier	0.0	0.0	0.0		0.0	1339.0	892.8		1674.0	892.8
février	0.0	0.0	0.0		2518.0	1596.0	1596.0		1512.0	1596.0
mars	0.0	0.0	0.0		3622.0	1721.0	2294.0		2232.0	2294.0
avril	0.0	0.0	0.0		3720.0	374.5	2490.0		2700.0	2490.0
mai	0.0	0.0	0.0		3780.0	0.0	744.0		3162.0	744.0
juin	0.0	0.0	800.0		2707.0	0.0	0.0		3060.0	0.0
juillet	0.0	1440.0	2390.0		572.0	0.0	0.0		2790.0	0.0
août	2747.0	1364.0	1980.0		0.0	0.0	0.0		2604.0	0.0
septembre	3870.0	1590.0	1000.0		0.0	0.0	0.0		2520.0	0.0
octobre	3867.0	1418.0	0.0		0.0	0.0	0.0		2604.0	0.0
novembre	2096.0	198.8	0.0		0.0	1080.0	1080.0		2340.0	1080.0
décembre	512.0	0.0	0.0		0.0	1128.0	918.5		1860.0	918.5
Total (m3/ha/an)	13092.0	6010.8	6170.0		16919.0	7238.5	10015.3		29058.0	10015.3

** valeurs incluant l'efficience d'application au sein de la parcelle*







En fait ces besoins en eau des cultures varient d'une zone de la vallée à l'autre. Ces chiffres ont une valeur dans une optique de planification globale. Nous verrons plus loin leur confrontation à des mesures de consommation réelle.

I.D. Assolements, efficiences, consommation à l'hectare, coefficients d'intensification

Les données ci-dessous sont celles qui ont servi de base à l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS (Gibb & al 1987) pour la planification d'ensemble de l'aménagement de la vallée.

Assolements : Ils sont supposés varier d'une zone à l'autre et d'une saison à l'autre selon le tableau suivant :

		Delta	Basse Vallée	Moyenne Vallée	Haute Vallée	Haut Bassin
Hivernage	Riz	80%	60%	50%	30%	30%
	Maïs	10%	20%	30%	50%	50%
	Fèves	10%	20%	20%	20%	20%
Contre-saison	Riz	80%	60%	50%	30%	30%
	Maïs	10%	20%	30%	50%	50%
	Légumes	10%	20%	20%	20%	20%
Industrielles	Canne	100%	100%			
Industrielles	Tomate	100%				

Les cultures industrielles (canne et tomate) sont considérées comme n'entrant pas dans un assolement et utilisant l'ensemble de la superficie qui leur est allouée.

Efficience : L'efficience brute de transport et distribution est supposée être de 60% pour le riz, le maïs, les fèves et la canne à sucre, de 50% pour les légumes et les tomates. Tenant compte d'un retour au réseau de drainage évalué à 5%, les efficiences nettes sont respectivement de 65% et 55%. On applique donc des coefficients multiplicateurs au besoins théoriques à la parcelle de 1/0,65 (=1.54) pour le riz, le maïs, les fèves et la canne à sucre, et de 1/0,55 (=1.82) pour les légumes et les tomates.

Consommation à l'hectare cultivé : On obtient ainsi les valeurs de consommation à l'hectare cultivé pour l'assolement vivrier et les cultures industrielles :

Vivrier	Delta	Basse Vallée	Moyenne Vallée	Haute Vallée	Haut Bassin	Moyenne pondérée
Hivernage	11 700 m3/ha 0,65 18 000 m3/ha	10 300 m3/ha 0,65 15 800 m3/ha	9 600 m3/ha 0,65 14 700 m3/ha	8 200 m3/ha 0,65 12 600 m3/ha	8 200 m3/ha 0,65 12 600 m3/ha	10 200 m3/ha 0,65 15 700 m3/ha
Contre-saison	15 300 m3/ha 0,65 23 800 m3/ha	13 600 m3/ha 0,65 21 500 m3/ha	12 600 m3 /ha 0,65 20 000 m3/ha	10 700 m3/ha 0,65 17 000 m3/ha	10 700 m3/ha 0,65 17 000 m3/ha	13 400 m3/ha 0,65 20 600 m3/ha

Industriel	Année
Canne à Sucre	29 100 m3/ha 0,65 44 700 m3/ha
Tomate	10 000 m3/ha 0,55 18 200 m3/ha

Intensification : Les coefficients de mise en valeur (intensification) sont supposés être de 100% en hivernage et 80% en contre-saison chaude pour l'assolement vivrier, de 100% pour les cultures industrielles.

De cette manière, à une répartition de superficies aménagées le long de la vallée correspond une chronique de besoins en eau mensuels

I.E. Les types de périmètres irrigués et l'organisation foncière

On se reportera au rapport sur la Population de la Vallée pour une présentation synthétique de l'organisation foncière et des types de périmètres irrigués

I.F. Les scénarios Hydrologiques de gestion

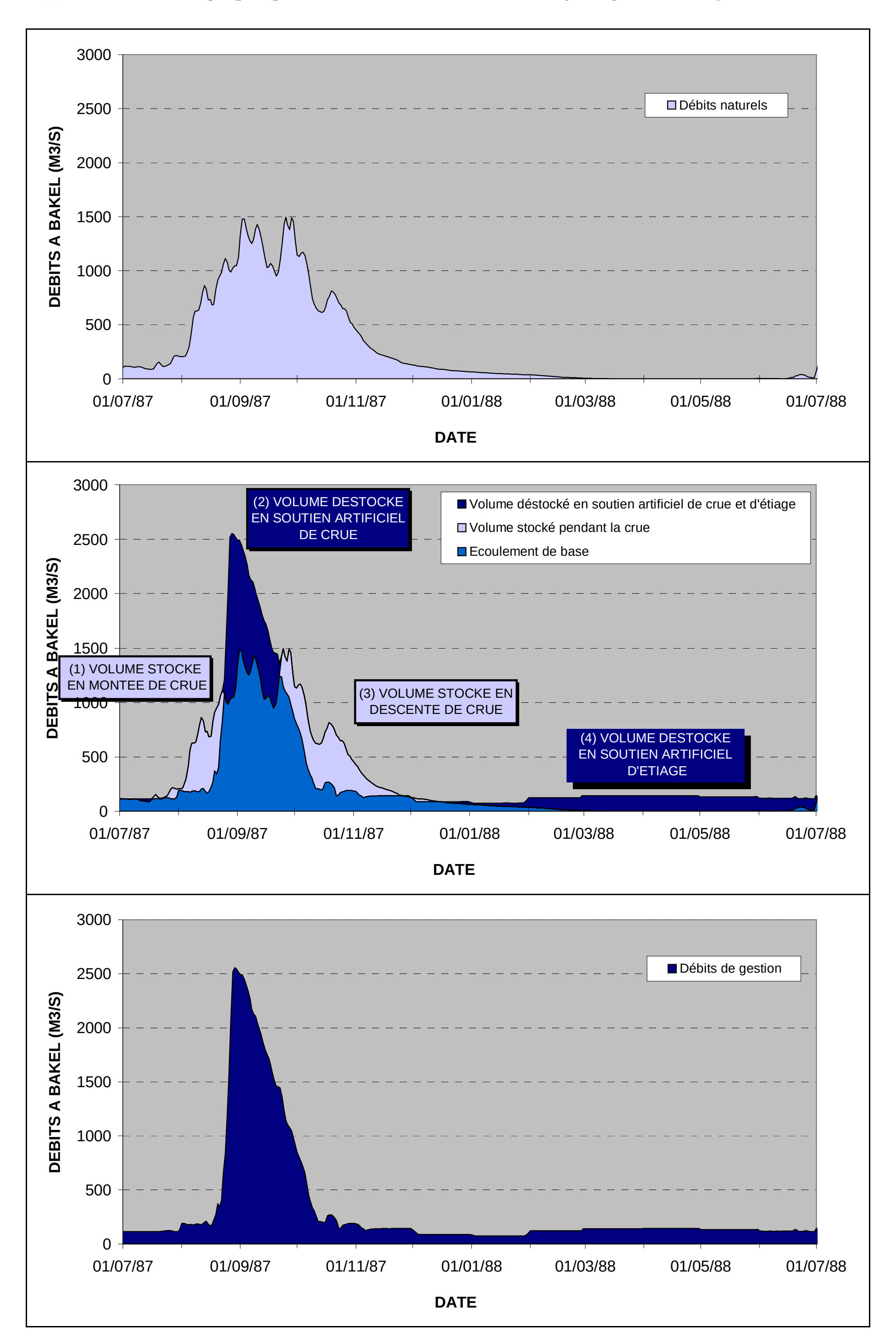
La ressource en eau réellement disponible pour l'irrigation dépend de la stratégie adoptée pour la gestion des réservoirs : quelle partie du volume d'eau du Bafing s'écoulant en période de crue va-t-on stocker dans le barrage pour la relâcher ultérieurement et satisfaire ainsi différents objectifs, dont celui d'irrigation. L'Etude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS (Gibb & al 1987) avait pour objectif de définir cette stratégie de gestion, compromis entre le respect de contraintes environnementales et sociales (maintien d'une crue suffisante) et d'objectifs d'irrigation, hydroélectricité et navigation. Le principe retenu est celui d'un soutien artificiel de crue (hydrogramme objectif à Bakel permettant d'atteindre certains objectifs d'amplitude de l'inondation) et d'un soutien artificiel d'étiage en relâchant le volume stocké en période de crue.

Les graphiques suivants illustrent sur l'année hydrologique 1987-1988 (il s'agit d'un résultat de simulation), le principe de la gestion.

(1) Le premier graphique présente l'hydrogramme réel à Bakel de juillet 1987 à juin 1988. La crue est nettement concentrée sur les mois d'août, septembre et octobre, avec un débit maximum de 1500 m3/s. Les débits naturels sont ensuite négligeables de janvier à juin.

(2) Le second graphique présente l'hydrogramme objectif pour le soutien artificiel de la crue superposé à l'hydrogramme réel. La gestion consiste à :
- stocker l'eau dans le réservoir en phase de montée de crue,
- déstocker pendant la pointe de crue de façon à réaliser l'hydrogramme objectif
- stocker pendant la fin de la crue
- déstocker en saison sèche pour les différents usages (hydroélectricité, irrigation, navigation)

(3) Le troisième graphique illustre la réalisation de l'hydrogramme objectif.



II. Les objectifs d'aménagement et de gestion de l'eau fixés par les différents Plans Directeurs.

Les « Plans Directeurs », à l'échelle de la Vallée du Fleuve ou d'une sous région de la Vallée, ont pour objectif de fixer un cadre cohérent aux aménagements irrigués en regard des contraintes de disponibilité à long terme de la ressource en eau.

Les principaux documents de cette nature sont :

- L'Etude du Groupement de Manantali
- L' Etude de « Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS » datant de 1987 (réalisée par Sir Alexander Gibb & Partners, EDF International et Euroconsult, et souvent appelée « Etude Gibb »)
- Le « Plan Directeur Rive Gauche » pour la partie Sénégalaise de la Vallée, avec ses composantes sur Dagana, Podor, Matam et Bakel.
- Le Programme de Développement Intégré de l'Agriculture Irriguée en Mauritanie (PDIAIM) pour la partie mauritanienne de la Vallée.

Ils constituent les bases de référence pour toute la stratégie à long terme d'aménagement et de gestion.

Il est évidemment intéressant d'analyser la cohérence (ou le déficit de cohérence) entre ces différents documents qui orientent les stratégies d'aménagement dans la Vallée du Fleuve. Pour chacun d'eux nous avons donc recensé :

- Les programmations de superficies à aménager
- Les prévisions de besoins en eau (superficies mises en valeur, coefficients d'intensification, consommations,…)

A. Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS, 1987
(réalisée par Sir Alex. Gibb & Partners, EDF International et Euroconsult, et souvent appelée « Etude Gibb »)

L'Etude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS, réalisée en 1987 avant la mise en service du barrage de Manantali, avait pour objectif de définir les bases de la gestion ultérieure de ces ouvrages, en comparant différents scénarios de compromis entre l'hydroélectricité, l'irrigation, la navigation, l'environnement et les usages traditionnels liés à la crue.
Au-delà de la phase de remplissage du barrage (l'achèvement du remplissage était alors prévu pour 1991), l'Etude de gestion des ouvrages communs préconisait deux phases :

- une phase transitoire pendant laquelle on aurait assuré un soutien artificiel de crue.
- une phase à long terme où le soutien artificiel de crue aurait été abandonné.

A.1. Objectifs de superficies aménagées et exploitées

L'étude de Gibb faisait l'hypothèse que le problème de la disponibilité de la ressource en eau pour l'irrigation ne se posait qu'en compétition avec le soutien de crue artificiel, le seuil de cette compétition étant établi à une superficie aménagée en irrigation de 100 000 ha. A ce seuil il était considéré que l'autosuffisance alimentaire de la Vallée était atteinte et que l'adaptation des agriculteurs à l'irrigation était acquise, ce qui permettait l'abandon progressif des traditionnelles cultures de décrue (Etude Gibb, rapport définitif, chapitre 8 Conclusions).

Phase transitoire : Ainsi pendant une première phase (jusqu'à atteindre les 100 000 ha irrigués) on maintiendrait un soutien artificiel de crue (crue artificielle d'un volume de 7,5 milliards de m3) par la gestion du barrage de Manantali,
La répartition supposée des 100 000 ha était la suivante :

	Assolement Polyculture	Sucre	Tomate	Total
Haut Bassin	5 000 ha			5 000 ha
Haute Vallée	9 000 ha			9 000 ha
Moyenne Vallée	20 000 ha			20 000 ha
Basse Vallée	25 000 ha	4 550 ha		29 550 ha
Delta	26 000 ha	8 450 ha	2 000 ha	36 450 ha
Total	85 000 ha	13 000 ha	2 000 ha	100 000 ha

Long terme : Au-delà (une fois atteints les 100 000 ha irrigués) une seconde phase pourrait progressivement abandonner le soutien artificiel de crue et reporter sur la saison sèche un volume d'eau plus important pour répondre à la demande de surfaces irriguées supplémentaires. Il était prévu que l'irrigation pourrait alors se développer jusqu'à 250 000 ha avant de se heurter à de nouvelles contraintes de disponibilité en eau.

A.2. Normes d'aménagement : Assolements, efficiences, consommation à l'hectare, coefficients d'intensification

Besoins en eau des cultures : Les besoins théoriques à la parcelle des différentes cultures sont ceux présnetés dans la partie I.

Assolements : Ils sont supposés varier d'une zone à l'autre et d'une saison à l'autre selon le tableau suivant :

		Delta	Basse Vallée	Moyenne Vallée	Haute Vallée	Haut Bassin
Hivernage	Riz	80%	60%	50%	30%	30%
	Maïs	10%	20%	30%	50%	50%
	Fèves	10%	20%	20%	20%	20%
Contre-saison	Riz	80%	60%	50%	30%	30%
	Maïs	10%	20%	30%	50%	50%
	Légumes	10%	20%	20%	20%	20%
Industrielles	Canne	100%	100%			
Industrielles	Tomate	100%				

Les cultures industrielles (canne et tomate) sont considérées comme n'entrant pas dans un assolement et utilisant l'ensemble de la superficie qui leur est allouée.

Efficience : L'efficience brute de transport et distribution est supposée être de 60% pour le riz, le maïs, les fèves et la canne à sucre, de 50% pour les légumes et les tomates. Tenant compte d'un retour au réseau de drainage évalué à 5%, les efficiences nettes sont respectivement de 65% et 55%. On applique donc des coefficients

multiplicateurs au besoins théoriques à la parcelle de 1/0,65 (=1.54) pour le riz, le maïs, les fèves et la canne à sucre, et de 1/0,55 (=1.82) pour les légumes et les tomates.

Consommation à l'hectare cultivé : On obtient ainsi par zone les valeurs de consommation à l'hectare cultivé pour l'assolement vivrier et les cultures industrielles. Dans cahque case du tableau suivant on présente les besoins nets à la parcelle pour un hectare cultivé, l'efficience nette de tranport et distribution, les besoins bruts pour un hectare cultivé :

Vivrier	Delta	Basse Vallée	Moyenne Vallée	Haute Vallée	Haut Bassin	Moyenne pondérée
Hivernage	11 700 m3/ha 0,65 18 000 m3/ha	10 300 m3/ha 0,65 15 800 m3/ha	9 600 m3/ha 0,65 14 700 m3/ha	8 200 m3/ha 0,65 12 600 m3/ha	8 200 m3/ha 0,65 12 600 m3/ha	10 200 m3/ha 0,65 15 700 m3/ha
Contre-saison	15 300 m3/ha 0,65 23 800 m3/ha	13 600 m3/ha 0,65 21 500 m3/ha	12 600 m3 /ha 0,65 20 000 m3/ha	10 700 m3/ha 0,65 17 000 m3/ha	10 700 m3/ha 0,65 17 000 m3/ha	13 400 m3/ha 0,65 20 600 m3/ha

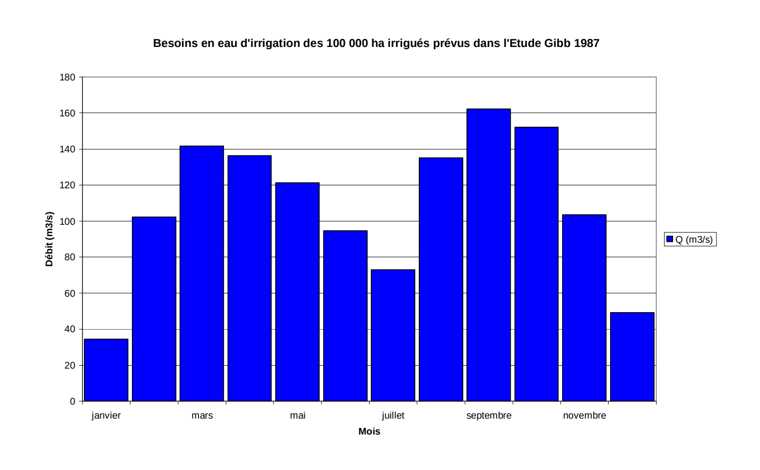
Industriel	Année
Canne à Sucre	29 100 m3/ha 0,65 44 700 m3/ha
Tomate	10 000 m3/ha 0,55 18 200 m3/ha

Intensification : Les coefficients de mise en valeur (intensification) sont supposés être de 100% en hivernage et 80% en contre-saison chaude pour l'assolement vivrier, de 100% pour les cultures industrielles.

A.3. Besoins en eau résultants

Les besoins en eau résultants étaient estimés à 3,4 milliards de m3 par an.
Le tableau et le graphique ci-dessous indiquent les besoins mensuels en volume et en débits pour ces hypothèses.

Superf. (ha)	100000		
	V (10^6 m3)	Q (m3/s)	V(10^6m3)
janvier	89.4	34.5	
février	264.9	102.2	
mars	367.6	141.8	
avril	353.6	136.4	
mai	314.1	121.2	
juin	245.5	94.7	1635.1
juillet	189.6	73.1	
août	350.5	135.2	
septembre	420.6	162.3	
octobre	394.5	152.2	
novembre	268.3	103.5	
Décembre	127.8	49.3	1751.3
Année			**3386.4**



B. Plan Directeur Rive Gauche (PDRG 1991-1994)

(la présentation ci-dessous du PDRG est volontairement concise et focalisée sur les aspects directement liés à la gestion du Fleuve et notamment à la disponibilité de la ressources en eau. Le lecteur intéressé par une vision plus exhaustive se reportera au texte complet du PDRG)

Le Plan Directeur Rive Gauche, dont la synthèse a été publiée en janvier 1994, visait à définir la stratégie de développement de la rive gauche pour une période de 25 ans (1992-2017) avec comme objectifs affichés d'assurer l'autosuffisance alimentaire des populations locales, de contribuer à l'autosuffisance alimentaire du pays, de préserver et d'améliorer l'environnement et les conditions de vie des populations. Il a donc été élaboré et présenté comme une recherche de compromis optimisé entre social, économie et écologie.

Le PDRG était destiné à servir de **cadre de référence unique pour toutes les interventions dans la rive gauche de la vallée** (Synthèse PDRG p. 12), qu'elles soient le fait de l'Etat, d'investisseurs privés, d'aides extérieures ou d'ONG.

B.1. Objectifs de superficies aménagées

Après analyse comparative de cinq scénarios (selon trois critères économiques et financiers, deux critères sociaux, un critère écologique) et arbitrage de la part des autorités sénégalaises en concertation avec la Banque Mondiale, le PDRG s'articule autour des objectifs de planification suivants :

- **63 000 ha équipés à l'irrigation à l'horizon 2002** (53 000 ha de cultures vivrières mis en valeur à 100% et coefficient d'intensité culturale à 1.50, 10 000 ha de cultures industrielle de Canne à Sucre) et **98 000 ha équipés à l'irrigation à l'horizon 2017** (88 000 ha de cultures vivrières mis en valeur à 100% et coefficient d'intensité culturale à 1.60, 10 000 ha de cultures industrielles de Canne à Sucre). Ces chiffres de superficies incluaient les 40 000 ha déjà aménagés pour les cultures vivrières irriguées en 1994, dont il était considéré que 19 000 ha devaient être réhabilités, ainsi que les 10 000 ha de culture industrielle de Cane à Sucre.
  Il est à noter que le PDRG mettait en avant les chiffres de 53 000 ha à l'horizon 2002 et 88 000 ha à l'horizon 2017, les 10 000 ha de cultures industrielles existantes (Compagnie Sucrière Sénégalaise à Richard Toll et production industrielle de tomates) étant traités séparément (Synthèse PDRG p. 13 où le non vivrier apparaît pour 10000 ha).
- un soutien artificiel de crue garantissant :
  - 33 000 ha de cultures de décrue chaque année (submersion supérieure à 15 jours)
  - 62 000 ha de pâturages et forêts (submersion inférieure à 15 jours)

Le tableau ci-dessous récapitule les prévisions de superficies aménagées par Département aux différents horizons 1992 (existant), 2002 et 2017.

PDRG 94	1992	2002	2017
	Superficie Aménagée (ha)	Prévision de superficie aménagée (ha)	Prévision de superficie aménagée (ha)
Dagana	23 400	29 000	43 100
Podor	8 500	12 000	20 800
Matam	6 100	8 500	15 700
Bakel	2 000	3 500	8 400
Total vivr.	40 000	53 000	88 000
Cult. Ind.	10 000	10 000	10 000
Total irrig.	50 000	63 000	98 000

La mise en œuvre était prévue en trois phases (1992-1995 ; 1996-2002 ; 2003-2017), chaque phase devant se conclure par une évaluation.

- La première phase devait donner lieu à la réalisation de la majeure partie des aménagements structurants (adducteurs, émissaires, grandes stations de pompage) et à la mise en place des mesures d'accompagnement.
- La seconde phase devait mener la réhabilitation des périmètres existants et la création de nouveaux périmètres au rythme de 1 850 ha/an.
- La troisième phase devait poursuivre le rythme d'aménagements nouveaux et accompagner le secteur irrigué pour l'amener à un taux d'intensification de 160%.

Le PDRG prévoyait la mise en place d'une Haute Autorité chargée du pilotage du PDRG.

B.2. Normes d'aménagement : Assolements, efficiences, consommation à l'hectare, coefficients d'intensification

Besoins en eau des cultures : Les besoins théoriques à la parcelle des différentes cultures sont les mêmes que pour l'Etude Gibb 1987 (cf. partie I).

Assolements : L'assolement est supposé homogène sur l'ensemble de la rive gauche selon le tableau suivant :

		Rive Gauche
Hivernage	Riz	50%
	Maïs	30%
	Fèves & divers	20%
Contre-saison	Riz	50%
	Maïs	30%
	Légumes	20%
Industrielles	Canne	100%
Industrielles	Tomate	100%

Les cultures industrielles (canne et tomate) sont considérées comme n'entrant pas dans un assolement et utilisant l'ensemble de la superficie qui leur est allouée.

Efficience : L'efficience nette de transport et distribution est supposée être de 65% pour l'ensemble des cultures, soit un coefficient multiplicateur des besoins à la parcelle de 1/0,65 (=1.54)

Consommation à l'hectare cultivé : On obtient ainsi les valeurs de consommation à l'hectare cultivé pour l'assolement vivrier et les cultures industrielles :

Vivrier	Moyenne
Hivernage	9 600 m3/ha 0,65 14 800 m3/ha
Contre-saison	12 600 m3/ha 0,65 19 500 m3/ha
Année (coef int = 1.6)	17 160 m3/ha 0,65 26 400 m3/ha

Industriel	Année
Canne à Sucre	29 100 m3/ha 0,65 44 700 m3/ha
Tomate	10 000 m3/ha 0,55 18 200 m3/ha

Intensification : Les coefficients de mise en valeur (intensification) sont supposés être de 100% en hivernage et 50% et 60% en contre-saison chaude respectivement à l'horizon 2002 et à l'horizon 2017 pour l'assolement vivrier, de 100% pour les cultures industrielles.

B.2. Besoins en eau résultants :

Le tableau ci-dessous indique les besoins mensuels et annuels en volume et en débits pour 53 000 ha (horizon 2002), 88 000 ha (horizon 2017) d'assolement vivrier et pour 10000 ha de Canne à Sucre.

PDRG	Vivrier			Vivrier			Canne		
Superf. (ha)	53 000			88 000			10 000 ha		
	V (10^6 m3)	Q (m3/s)	V(10^6m3)	V (10^6 m3)	Q (m3/s)	V(10^6m3)	V (10^6 m3)	Q (m3/s)	V(10^6m3)
janvier	28.4	10.6		47.2	17.6		25.8	9.6	
février	100.7	37.6		167.3	62.4		23.3	8.7	
mars	136.4	50.9		226.5	84.6		34.3	12.8	
avril	121.0	45.2		200.9	75.0		41.5	15.5	
mai	99.8	37.3		165.8	61.9		48.6	18.2	
juin	79.3	29.6	566	131.7	49.2	939	47.1	17.6	220.6
juillet	88.3	33.0		146.6	54.7		42.9	16.0	
août	177.8	66.4		295.3	110.2		40.1	15.0	
septembre	213.2	79.6		354.0	132.2		38.8	14.5	
octobre	192.5	71.9		319.7	119.4		40.1	15.0	
novembre	116.9	43.6		194.0	72.4		36.0	13.4	
décembre	46.5	17.3	835	77.1	28.8	1387	28.6	10.7	226.4
Année			**1401**			**2326**			**447.0**

Pour les 98 000 ha aménagés prévus en rive gauche à l'horizon 2017 par le PDRG, les besoins annuels en eau d'irrigation seraient de 2,8 milliards de m3.

B.3. La traduction du PDRG en Schémas Hydrauliques

Théoriquement les « Schémas hydrauliques » s'inscrivent dans le cadre fixé par le Plan Directeur et ont pour objet de définir les moyens hydrauliques (adducteurs, émissaires, ouvrages de contrôle) pour fiabiliser l'accès à la ressource. Les principaux Schémas Hydrauliques issus du Plan Directeur Rive Gauche sont :

- L'étude des adducteurs du Delta Rive Gauche
- Le Schéma Hydraulique du Département de Podor
- Les Schémas Hydrauliques du Département de Matam (Dioulol et Diamel)

Pratiquement on constate que les Schémas Hydrauliques « oublient » en partie le Plan Directeur et redéfinissent des normes ou des objectifs de superficies à aménager. A titre d'exemple nous détaillons quelques données du Schéma Hydraulique du Département de Podor (1996-1998) :

Schéma Hydraulique de Podor (1996-1998)

Sur le Département de Podor, partant d'une superficie aménagée de 8500 ha en 1992, les objectifs du **PDRG** étaient de 12 000 ha en 2002 et **20 800 ha en 2017**, ce qui correspondait respectivement à des allocations en eau de 317 Millions de m3 en 2002 et 550 Millions de m3 en 2017.

Le **Schéma Hydraulique**, sur la base d'une analyse des besoins des populations en aménagements hydroagricoles, prévoit en **phase 1** une superficie de **22 088 ha** (11067 ha de Périmètres Irrigués Villageois (PIV) et Groupements d'Agriculteurs (GA) existants exploitables ; 5197 ha de Périmètres Irrigués Privés (PIP) existants exploitables ; 1727 ha de PIV et GA existants non exploitables réhabilités ; 4097 ha de nouveaux aménagements en PIV et GA), qui serait portée en **phase 2** à **29 588 ha**.

Le tableau suivant éclaire les écarts de superficies aménagées, de volumes totaux consommés ou encore de débits mensuels de pointe entre le PDRG et le Schéma Hydraulique de Podor (phase 1 et phase 2) :

	PDRG (hor.2017)	*Schéma Phase 1*	*Schéma Phase 2*
Superficie (ha aménagés exploitables)	***20 800***	***22 088***	***29 588***
Assolement Hivernage	*50% Riz* *30% maïs* *20% légumes*	*80% riz* *20% maïs*	*80% riz* *20% maïs*
Assolement Contre-saison	*50% Riz* *30% maïs* *20% légumes*	*80% riz* *20% maïs*	*80% riz* *20% maïs*
Coefficient d'irrigation (%)	*160*	*160*	*160*
Efficience (Besoins théoriques / Volumes prélevés)	*1/1.54*	*1/1.54*	*1/1.54*
Volume à l'hectare amén. en hivernage (m3) (juil.-déc.)	*15 757 m3*	*18 812 m3*	*18 812 m3*
Volume à l'hectare amén. en contre saison (m3) (janv-juin)	*10 675 m3*	*13 013 m3*	*13 013 m3*
Volume annuel à l'hectare aménagé (m3)	*26 432 m3*	*31 825 m3*	*31 825 m3*
Débit de pointe à l'hectare en hivernage	*1.50 l/s/ha*	*1.96 l/s/ha*	*1.96 l/s/ha*
Débit de pointe à l'hectare en contre-saison	*0.96 l/s/ha*	*1.12 l/s/ha*	*1.12 l/s/ha*
Volume total en hivernage	*328 Mm3*	*416 Mm3*	*557 Mm3*
Volume total en contre-saison	***222 Mm3***	***287 Mm3***	***385 Mm3***
Volume total annuel	*550 Mm3*	*703 Mm3*	*942 Mm3*
Débit de pointe total en hivernage (hors crue)	***26.1 m3/s (août)***	***31.4 m3/s (août)***	***42.0 m3/s (août)***
Débit de pointe total en contre-saison	***20.0 m3/s (mars)***	***24.7 m3/s (mars)***	***33.1 m3/s (mars)***

Les différences entre Schéma Hydraulique et PDRG, tant en termes de volumes que de débits mensuels de pointe sont donc très sensibles. En dehors de la période de crue (où la ressource en eau est abondante) la phase 1 excède le PDRG de 25% en débits mensuels de pointe et de 30% en volumes. La phase 2 excède quant à elle le PDRG (toujours hors période de crue) de 62% en débits mensuels de pointe et de 73% en volumes. L'Etude a l'honnêteté de poser ouvertement la question de la cohérence à court, moyen et long terme par rapport au PDRG.

L'approche du Schéma Hydraulique repose sur une analyse des besoins des populations en périmètres irrigués, dans un contexte actuel où la disponibilité de l'eau ne semble pas être une contrainte. Or si le même raisonnement est mené tout le long de la Vallée, et si le Secteur irrigué trouve réellement son essor (notamment les initiatives privées, non abordées dans le Schéma Hydraulique) , c'est bien à une situation de pénurie et de conflit sur l'eau que l'on sera confrontés.

C. Programme de Développement de l'Agriculture Irriguée en Mauritanie (PDIAIM)

Les terres arables en Mauritanie sont estimées à 502 000 ha, dont 137 000 ha aptes à l'irrigation le long du Fleuve.

Le tableau suivant récapitule les potentialités estimées le long du Fleuve :

Wilaya	Surface totale		Surface cultivable			Surfaces en végét.		Autre (ha)
	(km²)	(ha)	Pluvial (ha)	Décrue (ha)	Irrigable (ha)	Sylv Past. (ha)	Forêt Clas (ha)	
Trarza	67 800	6 780 000	0	18 000	47 300	1 000 000	8 500	5 706 200
Brakna	33 000	3 300 000	13 000	19 100	49 700	1 300 000	9 000	1 909 200
Gorgol	13 600	1 360 000	25 000	25 000	38 300	1 100 000	4 500	167 200
Guidimaka	10 300	1 030 000	55 000	4 000	2 100	700 000	2 500	266 400
	124 700	12 470 000	93 000	66 100	137 400	4 100 000	24 500	8 049 000

Sources : Politiques et stratégies générales pour le Développement du Secteur Rural Horizon 2010 (20/01/98) RIM, Ministère du Développement Rural et de l'Environnement

Le cadre général de l'irrigation en Rive Droite du Fleuve était jusque dans les années 1980 caractérisé par :

- un Aménagement Public réalisé par une Société Publique (SONADER).
- une politique de production centrée sur la filière rizicole
- une organisation coopérative des irrigants

Le poids de la filière rizicole peut être illustré par les chiffres de production et d'importation de l'année 1996 : on estime que production et importations ont été du même ordre de grandeur : 66 000 t chacun, soit une consommation nationale de l'ordre de 130 000t (sources Politiques et Stratégies…). Les filières de diversification, bien que faisant l'objet de nombreuses espérances, souffrent de l'étroitesse du marché local et national et de l'absence de dispositif permettant une exportation concurrentielle sur le marché mondial.

A partir des années 1980 la volonté nationale a été de faire évoluer le secteur irrigué selon les lignes directrices suivantes :

- un désengagement progressif de l'Etat, tant dans ses investissements que dans son intervention sur la partie commerciale de la filière Riz,
- l'ouverture aux investissements privés, accompagnée par l'évolution de la politique foncière et de la politique de crédit, et par un rôle accru accordé aux organisations socio-professionnelles,
- un objectif de rentabilisation des investissements publics et de recouvrement des coûts publics d'irrigation,
- des objectifs de diversification des filières de production,
- la valorisation et l'économie de la ressource en eau.

Le Programme de Développement Intégré de l'Agriculture Irriguée Mauritanienne (PDIAIM) est l'outil destiné à concrétiser ces objectifs.

Nous ne disposons pas des éléments du PDIAIM concernant les objectifs de surfaces aménagées et les besoins en eau résultants

PDIAIM suite

Les objectifs du PDIAIM et le contenu du Programme sont synthétisés dans le document « PDIAIM : rapport de préparation »

Le Programme vise :
L'accroissement significatif et durable de la valeur ajoutée de l'agriculture mauritanienne
La création d'emploi et de revenus dans les zones rurales d'irrigation, pour améliorer les conditions économiques et socilaes des populations, réduire La pauvreté et freiner l'exode

D. Le manque de cohérence d'ensemble des différents Plans Directeurs

On peut d'emblée constater le déficit de cohérence de l'ensemble des Plans Directeurs :

1. L' « Etude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS » (1987) n'envisageait le maintien d'une crue artificielle que pendant une phase provisoire qui prendrait fin lorsque 100 000 ha irrigués seraient aménagés (et opérationnels). Aujourd'hui (1998) plus de 125 000 ha sont aménagés, mais loin du degré d'opérationnalité que l'on attend d'eux (coefficient d'intensification de 0,6 au lieu de 1,6). Les enjeux environnementaux ont amené les pays à faire le choix du maintien de la crue artificielle. Il est donc impératif de maîtriser dans ce cadre les évolutions futures des superficies aménagées.

2. Le PDRG n'est pas cohérent avec l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS. Il fait en effet le pari de maintenir un soutien artificiel de crue tout en développant 100 000 ha aménagés et irrigués sur la seule Rive Gauche. Or l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS prévoyait la même surface aménagée pour l'ensemble de la Vallée

3. Les Schémas Hydrauliques pour la mise en œuvre du PDRG dépassent eux-mêmes les objectifs et les normes fixés par le PDRG ce qui à terme ne peut qu'amplifier les tensions sur la ressource en eau.

4. Le développement de l'initiative privée dans le Secteur Irrigué, vivement sollicité par les Etats, n'est pas « préparé » au niveau des Plans Directeurs : comment favoriser l'implantation de périmètres privés tout en imposant une limite dans la superficie aménagée ?

5. Un pas important à franchir est de raisonner non plus seulement en objectifs de surfaces à aménager, mais aussi en partage de la ressource en eau entre les acteurs : partage entre les pays, partage entre les régions le long du Fleuve, partage entre les différents types de périmètres (casiers, périmètres villageois, périmètres privés, périmètres industriels,…)

Dans la partie suivante nous faisons le point sur la situation actuelle de l'irrigation le long de la Vallée avant d'aborder en dernière partie les modes de gestion envisageables.

III. La situation actuelle de l'irrigation : superficies aménagées, exploitables et cultivées ; consommations en eau

De façon à dissocier les données fixes des données conjoncturelles nous avons structuré l'analyse de la situation actuelle en trois parties :

- Les surfaces aménagées et les surfaces exploitables
- Les surfaces cultivées et les coefficients d'intensification
- Les consommations en eau

A. Les superficies aménagées et exploitables

A.1. Estimation 1998

Des informations actualisées sur les superficies aménagées, exploitables et irriguées dans le Bassin du Fleuve Sénégal ont été regroupées par les pays partenaires dans le cadre de l'actualisation du modèle macro-économique de l'OMVS (Département Technique de l'OMVS et Société AGRER). Ces données traitées sont en cours de validation auprès des pays et ne seront accessibles qu'une fois validées.

En l'absence de ces dernières actualisations il est nécessaire d'avoir recours à différentes sources pour établir des tableaux de superficies aménagées, exploitables et irriguées le long de la vallée. Ces différentes sources ne correspondent pas toujours aux mêmes années et ne sont pas toujours cohérentes entre elles. Les données présentées ci-dessous sont principalement issues des sources suivantes :

- Annuaire Statistique de la Vallée du Fleuve Sénégal (rive gauche). Annuaire 1995/1996. SAED
- Communications directes de l'OMVS
- Modèle macro-économique du Bassin du Fleuve Sénégal. Rapport AGRER 1994
- PDIAIM
- Etude de la Filière Riz en Mauritanie

Sénégal – Année 1998 :
Les superficies ayant été **aménagées** sont de l'ordre de 86 000 ha (***source : SAED)*** dont 11 000 ha de cultures industrielles de canne à sucre. Elles seraient réparties entre 56 500 ha dans le Département de Dagana (65.6%), 20 150 ha dans le département de Podor (23.4%), 7 301 ha dans le Département de Matam (8.5%) et 2 117 ha dans le Département de Bakel (2.5%).
Les superficies **exploitables** sont estimées par la SAED à 70 600 ha dont 11 000 ha de cultures industrielles de canne à sucre.
On considère comme **non exploitables ou abandonnés** des aménagements n'ayant pas été mis en valeur au cours des trois dernières années : les superficies correspondantes s'élèveraient à 15 400 ha en 1998 alors qu'elles étaient évaluées à 3 600 ha en 1995-1996. (***source : SAED)***

Mauritanie – Années 1994 et 1996-97 :
Les superficies ayant été **aménagées** sont estimées en 1994 à 40 300 ha (*source : enquête SONADER sur les périmètres irrigués 1994*). Elles seraient réparties entre 28603 ha dans le Trarza (71%), 4200 ha dans le Brakna (10.5%), 7458 ha dans le Gorgol (18.5%) et un chiffre non déterminé dans Guidimaka. L'essentiel des grands périmètres sont situés dans le Gorgol

Mali – Année 1992 :
Les superficies ayant été **aménagées** étaient estimées à 872 ha en 1992 (*source : Modèle macro-économique OMVS 1994*)

Ensemble de la Vallée du Fleuve - Evaluation Année 1998
Si l'on estime un taux d'aménagement de 1000 ha/an en Mauritanie et de 100 ha/an au Mali, et un taux d'abandon de surfaces (hors cultures industrielles) équivalent à celui du Sénégal, on obtient pour 1998 l'évaluation suivante :

1998	Sénégal	Mauritanie (évalué)	Mali (évalué)	Total
Aménagé	86 000 ha	44 300 ha	1 472 ha	131 772 ha
Exploitable	70 600 ha	35 200 ha	1 170 ha	106 970 ha

A.2. Les évolutions passées

Rive Droite :

Données :

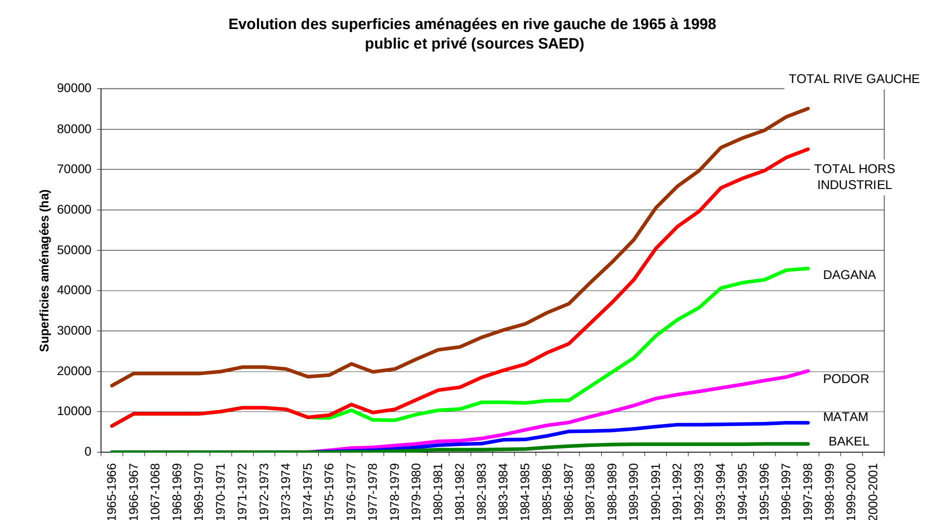
Analyse du rythme d'évolution des superficies aménagées et exploitables :

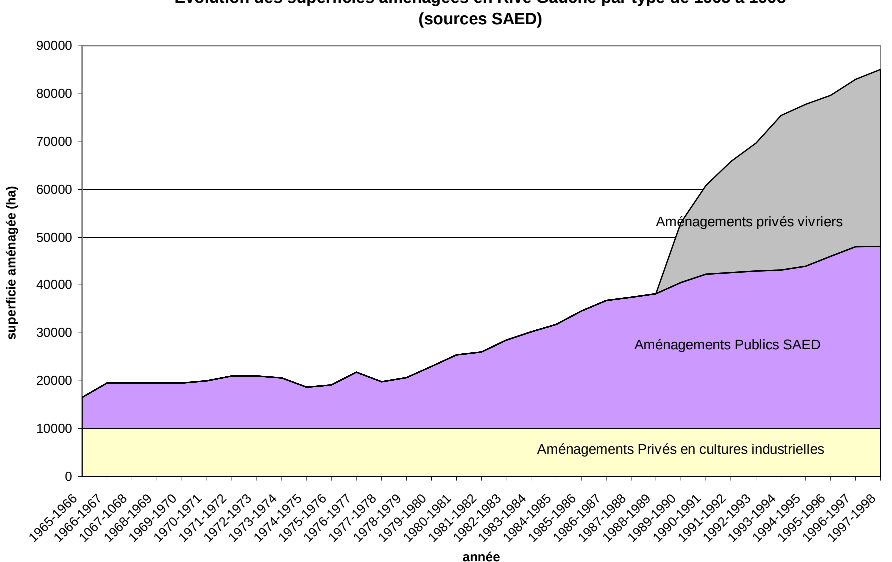
Nota : les données que nous avons pour la Rive Droite ne nous permettent pas de retracer l'évolution des superficies aménagées, et exploitables. Les contacts prévus avec la SONADER devraient nous permettre de compléter cette partie.

Rive Gauche :

Données :

Les deux graphiques ci-dessous présentent respectivement pour la Rive Gauche :
- l'évolution des superficies aménagées en rive gauche depuis 1965 (sources SAED).
- la part des différents types d'aménagements (publics, privés vivriers, privés industriels) dans l'évolution des aménagements depuis 1965 (sources SAED)





On ne dispose pas de données sur l'évolution au fil des années du taux d'abandon des aménagements.

Analyse du rythme d'évolution des superficies aménagées et exploitables :

Rythme d'aménagement

L'évolution des superficies aménagées en Rive Gauche du Fleuve résulte de la conjonction :
- d'une politique continue de la SAED d'aménager de nouveaux périmètres (1000 ha/an sur les dix dernières années) incluant une politique active de mobilisation de financements extérieurs,
- d'un développement « explosif » des aménagements privés depuis la fin des années 1980 (13700 ha en 6 ans soit 2 300 ha/an entre 1991 et 1997, mais seulement 500 ha/an sur les 4 dernières années).

Les abandons de périmètres

L'abandon d'aménagements semble concerner, en 1998, de l'ordre de 20% des superficies aménagées. Nous rappelons que la SAED considère comme « abandonné » un périmètre qui n'a pas été cultivé 3 années de suite. Les inventaires par télédétection de la mise en culture des périmètres permettent ainsi un recensement automatique de ces superficies abandonnées. Les estimations menées par la SAED ont fortement varié de 1995 (3600 ha abandonnés) à 1998 (15400 ha abandonnés) ce qui est probablement imputable en premier lieu à la méthode d'estimation qui a pu amener à une sous-estimation en 1995. Il est donc difficile d'estimer un rythme d'abandon (ce concept même n'est peut-être pas pertinent) mais on peut penser que plus de 10 000 ha ont été abandonnés au cours des dix dernières années, soit un rythme supérieur à 1000 ha/an.

Selon la SAED la majeure partie de ces abandons concerne les périmètres privés, développés à une époque où l'accès aux crédits (notamment crédits de campagne) était très facile et où les stratégies étaient autant des stratégies de marquage foncier que des stratégies de production agricole. Ainsi en quelques années (cf. graphique) 35 000 ha ont été aménagés sur initiative privée, mais leur mise en valeur ne dépasse pas 5000 ha. Bon nombre de ces périmètres ont été construits de façon sommaire, l'ouverture de canaux et la construction de diguettes étant réalisées au grader sans travaux complémentaires de compactage des infrastructures ou de planage des parcelles. La faible productivité de ces aménagements et le durcissement progressif des conditions de crédit (d'abord moratoire puis arrêt) ont entraîné l'abandon de ces périmètres.

On notera toutefois que d'autres causes ont pu contribuer à des abandons tant en périmètres privés que publics, sans qu'il soit possible de faire la part des causes déterminantes :

- les blocages de l'accès au crédit (déjà cité)
- les problèmes de salinité (généralement liés à la déficience ou à l'absence du drainage),
- des difficultés chroniques d'alimentation en eau (aval du Dioulol , aval du Lampsar)
- des périmètres implantés sur des sols trop légers.
- les pannes de GMP
- la faiblesse de l'entretien (affouillements et renards dans les berges des canaux).

On retrouve en fait un faisceau de causes qui sont à l'origine du très faible coefficient d'intensification des périmètres, la marge dégagée étant trop faible pour inciter les agriculteurs à rester sur des périmètres irrigués quand d'autres systèmes de production présentent moins de contraintes et de risques.

B. Mise en valeur des aménagements : coefficients d'intensification et assolement

B.1. Estimation 1998

On entend par superficie cultivée totale la somme des superficies cultivées à chaque saison. Ainsi une parcelle d'un hectare cultivée en hivernage et en contre saison chaude est comptabilisée deux fois et compte donc pour 2 hectares.
On appelle coefficient d'intensification le rapport de la superficie cultivée ainsi définie sur la superficie exploitable.

Les mêmes sources que citées plus haut donnent des informations sur les surfaces mises en valeurs au sein des aménagements exploitables

Sénégal – Année 1998 :
La superficie totale **cultivée** en 1998 est de 35 600 ha (***source : SAED)*** auxquels s'ajoutent 11 000 ha de cultures industrielles de canne à sucre, soit un total de 46 600 ha. Le coefficient d'intensification des cultures vivrières est donc de 0,6.

Pour l'année 1995/1996 la superficie totale cultivée en vivrier (39822 ha) se répartissait comme suit :

% de superficie cultivée	Riz	Maïs Sorgho	Tomate	autre	Total
Dagana	93	0	4	2	100
Podor	61	10	13	16	100
Matam	48	48	0	4	100
Bakel	45	48	0	7	100
Vallée Rive Gauche	78	9	6	7	100

On constate très nettement que le riz voit sa prédominance diminuer au profit du maïs sorgho à mesure que l'on remonte vers l'amont. Par ailleurs la diversification (tomates et autres) semble fonctionner particulièrement bien sur le Département de Matam.

Mauritanie – Années 1994 et 1996-97 :
La superficie totale **cultivée** en 1996-1997 (hivernage puis contre saison chaude) aurait été de 20 500 ha *(sources : Etude de la Filière Riz et « Politiques et stratégies générales pour le développement du secteur rural »)*

Mali – Année 1992 :
La superficie totale **cultivée** en 1992 était estimée à 670 ha (*source : Modèle macro-économique OMVS 1994*)

Ensemble de la Vallée - Evaluation Année 1998
Si l'on estime un taux de mise en valeur des périmètres vivriers (hors cultures industrielles) équivalent à celui du Sénégal (35 600 / 59 600 soit 60%), on obtient pour 1998 l'évaluation suivante :

1998	Sénégal	Mauritanie (évalué)	Mali (évalué)	Total
Aménagé	86 000 ha	44 300 ha	1 472 ha	131 772 ha
Exploitable	70 600 ha	35 200 ha	1 170 ha	106 970 ha
Emblavés	46 600 ha	21 120 ha	700 ha	68 420 ha

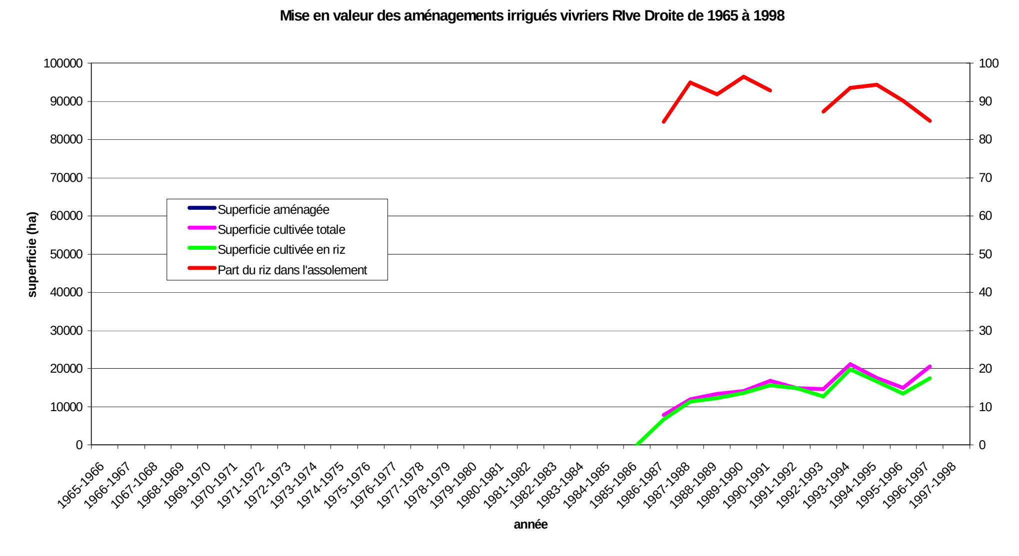
Le coefficient d'intensification, estimé sur la valeur connue au Sénégal, serait de 60%, à comparer aux 160% prévus dans les Etudes initiales.

Si l'on extrapole à partir des données Sénégal, l'assolement sur la Vallée serait de 78 % riz, 9% maïs-sorgho et 13% cultures de diversification, ce qui valide les hypothèses de l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS (1987).

B.2. Les évolutions passées

Rive Droite : *Nota : Les contacts prévus avec la SONADER devraient nous permettre de compléter cette partie comme pour la Rive Droite*

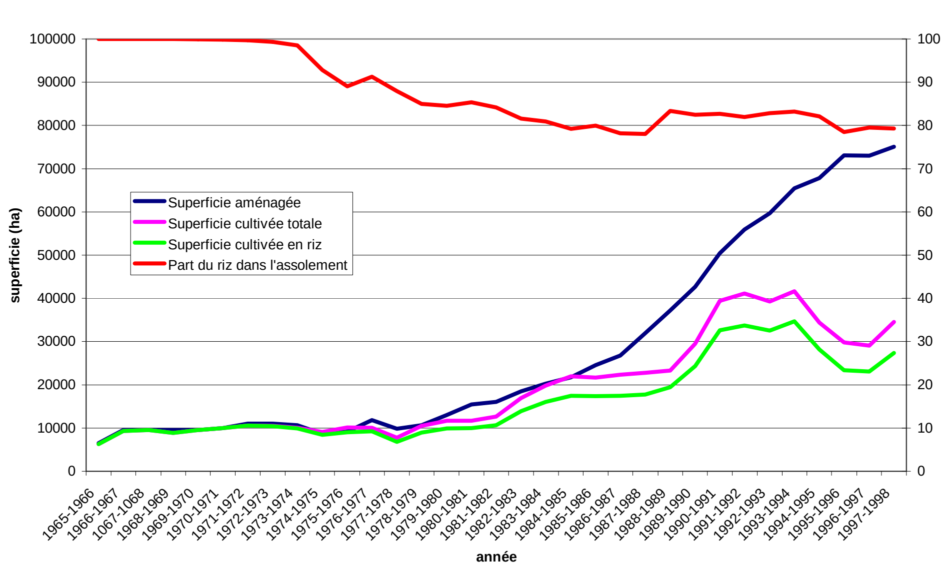
Les valeurs de superficies irriguées recensées par la SONADER et présentées dans le rapport « Politique et Stratégies Générales pour le Développement du Secteur Rural Horizon 2010 » du MDRE permettent de retracer sur le graphique ci-dessous l'évolution des superficies irriguées depuis 1985.



La part du riz dans l'assolement irrigué est de l'ordre de 90%.

Rive Gauche :

L'annuaire statistique de la SAED donne un bilan détaillé de la mise en valeur des périmètres irrigués depuis 1965 qui permet de retracer l'évolution de la mise en valeur des périmètres irrigués en cultures vivrières.



Les coefficients d'intensification sont très faibles. Il n'est pas possible de retracer l'évolution du coefficient d'intensification net (surfaces cultivées sur surfaces exploitables), les données de surfaces exploitables n'étant pas disponibles pour les années antérieures à 1995/1996.

On constate que la part du riz dans l'assolement vivrier moyen est stable à 80% depuis plus de 15 ans (ce qui valide l'hypothèse de l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS).

C. Les consommations en eau

C.1. Les mesures de consommation

La SAED, à travers le Programme « Gestion de l'Eau » mené en collaboration avec l'Université Catholique de Louvain (K.U. Leuwen), a développé et appliqué et une méthodologie de suivi des consommations d'eau dans un périmètre irrigué. Cette méthodologie repose sur :

- une estimation quotidienne des débits et volumes à la station de pompage (mesure du niveau amont -fleuve- et du niveau aval -canal- , nombre de pompes en action, caractéristiques des pompes, consommation électrique),
- un suivi de la dynamique de remplissage – vidange des parcelles (cartographie des sols et des cultures, suivi de parcelles représentatives : remplissage, vidange et suivi par réglettes de la dynamique des niveaux).

Elle permet notamment de dissocier les consommations à la parcelle des pertes sur les réseaux de canaux (transport et distribution). Elle pourrait être généralisée avec profit le long du Fleuve sur des périmètres jugés représentatifs pour alimenter un observatoire des consommations en eau.

L'encadré ci-dessous présente les résultats de suivi sur une campagne d'hivernage de 3 périmètres irrigués.

SUIVI DES CONSOMMATIONS EN EAU DE PERIMETRES IRRIGUES MENES PAR LA SAED

Périmètre de Pont Gendarme – Hivernage 1990-1991 – 190,6 ha cultivés :
Consommation moyenne d'eau d'irrigation à la station de pompage : **16 650 m3/ha** (pluies= 1 110 m3/ha = 111 mm)
Débit fictif continu décadaire de pointe : 2.0 l/s/ha (1ère décade d'août)

- 57% efficace (18% imbibition, 83% Evapotranspiration riz)
- 22% percolation et vidange de la parcelle
- 21% pertes de transport et distribution (dont canaux)

Périmètre de Ndiaye – Hivernage 1990-1991 – 127,7 ha cultivés :
Consommation moyenne d'eau d'irrigation à la station de pompage : **14 160 m3/ha** (pluies= 1 370 m3/ha = 137 mm)
Débit fictif continu décadaire de pointe : 2.0 l/s/ha (3ème décade de juillet)

- 70% efficace (19% imbibition, 81% Evapotranspiration riz)
- 26% percolation et vidange de la parcelle
- 4% pertes de transport et distribution (dont canaux)

Périmètre d'Aéré Lao – Hivernage 1995-1996 – 250,5 ha cultivés :
Consommation moyenne d'eau d'irrigation à la station de pompage : **16 405 m3/ha** (pluies= 2 519 m3/ha = 252 mm)
Débit fictif continu décadaire de pointe : 2.2 l/s/ha (2ème décade de juillet)

- 62% efficace (15% imbibition, 85% Evapotranspiration riz)
- 8% percolation et vidange de la parcelle
- 30% pertes de transport et distribution (dont canaux)

Il est intéressant de comparer ces consommations réelles avec les estimations des Plans Directeurs (Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS, PDRG)

	Pont-Gendarme	Ndiaye	Aéré Lao	Etude Gibb (Delta et Basse Vallée)	PDRG
Consommation nette moyenne d'une parcelle cultivée en hivernage (m3/ha)	13 154 m3/ha	13 594 m3/ha	11 484 m3/ha	11 000 m3/ha	9 600 m3/ha
Efficience de transport et distribution	0,79	0,96	0,70	0,65	0,65
Consommation brute moyenne d'une parcelle cultivée en hivernage	16 650 m3/ha	14 160 m3/ha	16 405 m3/ha	16 900 m3/ha	14 800 m3/ha

Ces trois mesures viennent valider les normes de consommation brute à l'hectare cultivé de l'Etude Gibb. L'etude Gibb semble sous-estimer les consommations nettes à la parcelle et sur-estimer les pertes de transport et distribution. Les deux erreurs s'équilibrent.
En revanche les normes du PDRG semblent sous-estimer globalement la consommation.

C.2. Estimation des consommations en eau actuelles des aménagements.

Les mesures ayant validé les estimations de consommation en eau à l'hectare cultivé préconisées par l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS (Gibb 1987) il nous est possible d'évaluer la consommation actuelle en eau d'irrigation sur l'ensemble de la Vallée. Les calculs développés ci-dessous amènent à une évaluation de **1,485 Milliard de m3 par an pour l'ensemble de la vallée**.

hypothèses de calcul :

Estimation des surfaces irriguées en 1998	Mauritanie	Sénégal	Mali
Hivernage	14 080 ha	23 906 ha	700 ha
Contre-saison	7 040 ha	11 694 ha	0 ha
Industriel	0 ha	11 000 ha	0 ha
Total Irrigué	21 120 ha	46 600 ha	700 ha

	Estimation des consommations nettes à l'hectare irrigué
Hivernage	15 700 m3/ha
Contre-saison	20 600 m3/ha
Industriel	44 700 m3/ha

Résultats :

Estimation des consommations d'eau d'irrigation en 1998 (Millions de m3)	Mauritanie	Sénégal	Mali	Total
Hivernage	221	375	11	607
Contre-saison	145	241	0	386
Industriel	0	492	0	492
Total Irrigué	366	1108	11	**1485**

D. Vision régionalisée des superficies aménagées et exploitables, du niveau de mise en valeur et des consommations en eau. Confrontation avec la programmation des Plans Directeurs

Le tableau de la page suivante récapitule, à partir des différentes sources citées plus haut, les estimations de superficies aménagées et exploitées au cours de la saison 1997-1998 sur l'ensemble du Bassin du Fleuve.

- Le **total aménagé** peut être estimé à **127 801 ha**.

- Les aménagements dégradés, qui ne sont plus en état d'être irrigués, pourraient représenter 18% de l'ensemble (projection des estimations en rive gauche) soit plus de 22 000 ha. Les **aménagements exploitables** seraient donc de l'ordre de **105 000 ha**.

- La **mise en valeur** totale peut être estimée à **68 420 ha**, soit un **coefficient d'intensification** sur les superficies irrigables **de 0,65** (ou de 0,54 sur l'ensemble des superficies aménagées).

- La **consommation totale en eau d'irrigation sur l'année** peut être estimée à **1,485 Milliard de m3**

On notera qu'un inventaire des stations de pompage le long du Fleuve a été réalisé par le Département technique de l'OMVS fin 1998. Les Groupes Moto Pompe (GMP) n'ont pas été recensés dans le détail, étant donné leur multitude et leur mobilité, mais leur nombre a été « estimé » par zone, en concertation avec les conseillers de développement rural de chaque zone. A chaque station de pompage ou groupe de GMP devrait pouvoir être associé une superficie aménagée ce qui permettrait d'affiner ou valider les chiffres de superficie aménagée globale.

SUPERFICIES AMENAGEES ET IRRIGUEES LE LONG DU FLEUVE SENEGAL - ESTIMATION 1998

VALLE MAURITANIE — **AMONT**

Total	**VALLEE**
Aménagés	127 801 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	57 254 ha
* grands	
* petits	
Privés	69 075 ha
Irrigués	68 420 ha
Hiv	38 686 ha*
CS	18 734 ha*
Ind.	11 000 ha*
Consom.	1 485 Mm3

Vallée	**Rive Droite Mauritanie**
Aménagés	40 261 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	19 161 ha
* grands	8 461 ha
* petits	10 700 ha
Privés	21 100 ha
Irrigués	21 120 ha
Hiv	14 080 ha*
CS	7 040 ha*
Ind.	0 ha*
Consom.	366 Mm3

(2)	**TRARZA**
Aménagés	28 603 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	8 603 ha
* grands	2 303 ha
* petits	6 300 ha
Privés	20 000 ha
Irrigués	
Hiv	
CSF	
CSC	
Ind.	

(2)	**BRAKNA**
Aménagés	4 200 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	3 400 ha
* grands	800 ha
* petits	2 600 ha
Privés	800 ha
Irrigués	
Hiv	
CSF	
CSC	
Ind.	

(2)	**GORGOL**
Aménagés	7 458 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	7 158 ha
* grands	5 358 ha
* petits	1 800 ha
Privés	300 ha
Irrigués	
Hiv	
CSF	
CSC	
Ind.	

(2)	**GuiDiMAkA**
Aménagés	
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	
* grands	
* petits	
Privés	
Irrigués	
Hiv	
CSF	
CSC	
Ind.	

(3)	**MALI**
Aménagés	1 472 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	
* grands	
* petits	
Privés	
Irrigués	700 ha
Hiv	700 ha*
CS	0 ha*
Ind.	0 ha*
Consom.	11 Mm3

Vallée	**Rive Gauche Sénégal**
Aménagés	86 068 ha
* exploit.	70 668 ha
* aband.	15 400 ha
Collectifs	38 093 ha
* grands	
* petits	
Privés	47 975 ha
Irrigués	46 600 ha
Hiv	23 906 ha
CS	11 694 ha
Ind.	11 000 ha
Consom.	1 108 Mm3

(1)	**DAGANA**
Aménagés	56 500 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	16 503 ha
* grands	
* petits	
Privés	39 997 ha
Irrigués	31 396 ha
Hiv	(?) 13 494 ha
CSF	(?) 912 ha
CSC	(?) 4 890 ha
Ind.	11 000 ha

(1)	**PODOR**
Aménagés	20 150 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	12 490 ha
* grands	
* petits	
Privés	7 660 ha
Irrigués	10 672 ha
Hiv	5 805 ha
CSF	3 057 ha
CSC	1 810 ha
Ind.	0 ha

(1)	**MATAM**
Aménagés	7 301 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	6 983 ha
* grands	
* petits	
Privés	318 ha
Irrigués	3 319 ha
Hiv	2 665 ha
CSF	654 ha
CSC	0 ha
Ind.	0 ha

(1)	**BAKEL**
Aménagés	2 117 ha
* exploit.	
* aband.	
Collectifs	2 117 ha
* grands	
* petits	
Privés	0 ha
Irrigués	1 213 ha
Hiv	842 ha
CSF	371 ha
CSC	0 ha
Ind.	0 ha

VALLE SENEGAL — **AMONT**

(1) Sources SAED : Annuaire Statistique de la Vallée du Sénégal Rive Gauche
(2) Source SONADER : Enquête dur les Périmètres Irrigués 1994, actualisée 1998 par un taux d'aménagement de 100 ha/an
(3) Source OMVS : Modèle Macroéconomique OMVS 1994, actualisée 1998 par un taux d'aménagement de 100 ha/an

(*) estimation par extrapolation à partir de la rive gauche

IV. Stratégies d'aménagement irrigué le long du Fleuve et moyens de gestion du partage de la ressource en eau

Synthèse :

L'objectif de 100 000 ha aménagés fixé par l'Etude Gibb (1987) pour la phase transitoire de maintien de la crue artificielle est dores et déjà atteint et dépassé en termes de superficies aménagées et exploitables pour l'irrigation.

Toutefois en raison des difficultés socio-économiques du Secteur irrigué (coefficient d'intensification de 0,65 contre les 1,80 attendus) la consommation en eau d'irrigation le long de la Vallée est bien inférieure aux valeurs prévues (1,5 Milliards de m3 par an contre 3,4 milliards de m3 par an prévus dans le cadre de l'Etude Gibb). La disponibilité de la ressource en eau n'est donc pas pour l'instant une contrainte effective.

Il est cependant hasardeux de se fixer de nouveaux objectifs à la hausse de superficies aménagées, sans les traduire en termes d'allocation de la ressource en eau, compatible avec la décision de maintien d'un soutien artificiel de crue prise par les Etats et les bailleurs de fond.

En effet tout est en place pour que la disponibilité de la ressource en eau devienne très rapidement une contrainte effective pour peu que le Secteur Irrigué se dynamise. Ceci entraînerait rapidement des tensions fortes entre les usagers et éventuellement entre les Etats partenaires.

Il est donc impératif pour l'OMVS :
- **de définir des objectifs en termes de partage de la ressource en eau entre les acteurs et non plus seulement en termes de superficies à aménager,**
- **d'assurer la cohérence entre les différents Plans Directeurs,**
- **de se doter des moyens de gérer le partage de la ressource en eau,**
- **d'habituer les usagers à un ensemble de règles de fonctionnement, habitude plus facile à acquérir lorsque l'on n'est pas en période de crise.**

IV.A. La situation actuelle comparée aux prévisions des Plans Directeurs

Les plans directeurs présentés dans la partie 2 et la situation actuelle synthétisée dans le tableau de la page 28 conduisent aux conclusions suivantes :

Détail :

Force est de constater le ***déficit de cohérence entre les principaux Plans Directeurs*** (Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS, Plan Directeur Rive Gauche, PDIAIM). A titre d'exemple les superficies aménagées envisagées dans le PDRG (1994) pour la seule Rive Gauche sont supérieures à celles envisagées par l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS (1987) pour toute la Vallée.

La décision, adoptée par les états partenaires et les bailleurs de fonds, de ***maintenir sur le long terme la crue artificielle*** impose de définir clairement des ***objectifs maximum de consommation en eau par l'irrigation***, et non plus seulement des objectifs maximums d'aménagement. L'Etude Gibb considérait que le maintien de la crue artificielle n'était compatible avec le développement de l'irrigation que jusqu'à une superficie aménagée de 100 000 ha sur l'ensemble de la Vallée (Phase transitoire), soit un transfert maximum de volume d'eau pour l'irrigation de 2,6 milliards de m3 de la saison de crue vers la saison d'étiage (mi-octobre, mi-août).

La situation actuelle des surfaces effectivement aménagées pour l'irrigation montre que l'on a déjà atteint et dépassé les objectifs prévus par l'Etude de gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS : 127 800 ha aménagés dont on peut estimer que 105 000 ha sont exploitables, contre 100 000 prévus dans l'Etude Gibb.

En revanche les superficies effectivement exploitées sont largement inférieures aux prévisions : 68 420 ha (coefficient d'intensification de 0,65 sur 105 000 ha) contre 180 000 ha prévus par l'Etude Gibb (coefficient d'intensification de 1,8 sur 100 000 ha).
De la même façon les consommations en eau effectives sont inférieures aux prévisions de l'Etude Gibb : 1 485 millions de m3 contre 3 386 millions de m3.

C'est donc uniquement en raison des dysfonctionnements du Secteur Irrigué (technicité des agriculteurs, difficultés d'accès au crédit, difficultés de commercialisation, réformes foncières en cours, faiblesse de la diversification,…) que la contrainte de disponibilité de la ressource en eau n'est pas atteinte.

Peut-on pour autant revoir à la hausse les limites de superficies à aménager prévues dans le cadre du Plan Directeur d'ensemble ?

La tentation est forte actuellement pour les acteurs d'envisager des aménagements irrigués au-delà des limites de superficies prévues dans l'Etude de Gestion des Ouvrages Communs de l'OMVS :

- les Etats incitent l'investissement privé en irrigation ce qui signifie implicitement qu'ils autoriseront l'implantation de nouveaux aménagements,
- les Sociétés d'aménagement SONADER et SAED cherchent à répartir l'infrastructure publique et collective sur l'ensemble de la zone, et à mobiliser les financements internationaux disponibles pour cela,
- les agriculteurs enfin peuvent obtenir une reconnaissance de leur drit sur la terre dans le cadre des nouveaux dispositifs fonciers et éventuellement bénéficier d'aides (à travers les Sociétés d'Aménagements ou les ONG) à l'investissement collectif.

Ainsi une demande existe, encouragée par la prise en charge « extérieure » des coûts d'investissement et un accès relativement facile aux financements étrangers de diverses natures et origines, les potentialités en terres existent et la disponibilité de la ressource en eau n'apparaît pas comme une contrainte immédiate.

Si un telle ***révision à la hausse des objectifs de superficie à aménager*** peut apparaître possible à court terme[1] elle est ***dangereuse à moyen et long terme***. En effet, en cas de dynamisation du Secteur Irrigué (ce qui reste bien l'objectif principal), on assisterait simultanément à une augmentation des taux d'intensification des superficies aménagées (développement de la double culture et diversification) et à un développement de nouvelles superficies aménagées, particulièrement sur initiative privée. On se retrouverait donc rapidement avec des besoins supérieurs aux ressources disponibles, ce qui aurait pour conséquences :

- une pression forte pour remettre en cause le soutien artificel de crue
- une déstabilisation des systèmes à l'aval, qui sont les plus vulnérables à un accroissement des consommations en eau le long de la Vallée, et donc la nécessité d'une rationalisation de l'accès à l'eau et de son usage.

Le respect du soutien artificiel de crue :

Le premier point relève bien sûr d'un choix politique. La solution actuellement retenue entre les Etats et en concertation avec la Communauté des Bailleurs de Fond est celle du soutien artificiel de la crue, solution qui résulte déjà d'une recherche de compromis entre les enjeux sociaux et économiques d'une intensification des activités humaines (hydroélectricité, irrigation, navigation) et la préservation du fonctionnement naturel de l'écosystème de zone humide lié à la crue.
Remettre en cause ce compromis dans le sens d'une intensification renforcée pourrait avoir une argumentation en termes de production alimentaire (qui présuppose un Secteur irrigué pleinement fonctionnel) mais aurait un coût environnemental probablement disproportionné : il reviendrait à sacrifier un éco-système de Zone Humide déterminant en région sahélienne (garant de biodiversité).

[1] On notera toutefois la contradiction qu'il y a à :

- présenter des Projets d'aménagement dépassant les limites de superficies envisagées dans les Schémas Hydraulique, sous la justification que les coefficients d'intensification sont faibles et que les superficies consomment donc moins d'eau qu'il n'était prévu dans le Schéma Hydraulique
- argumenter la rentabilité économique de ces Projets en utilisant des coefficients d'intensification élevés

On pourra toutefois relever une perspective de solution. Il n'y a en effet pas nécessairement concurrence entre les besoins de l'écosystème (besoins en niveau de l'eau et durée de submersion) et les besoins des activités humaines (besoins en débits ou en volumes par période). La réalisation et la gestion appropriée d'ouvrages intermédiaires le long du Fleuve permettrait en effet de garantir des ampleurs de zones inondées comparables aux ampleurs naturelles sans nécessiter un déstockage de l'eau du réservoir de Manantali. ***Le soutien artificiel de crue pourrait se faire non pas par déstockage de volume amont mais par contrôle de niveaux aval***. Cette solution ne doit pas être étudiée maintenant mais sa justification tant écologique qu'économique apparaîtra quand les contraintes sur la disponibilité de la ressource seront devenues des contraintes majeures sur les systèmes de production, ce qui n'est pas le cas actuellement.

La rationalisation de l'usage de l'eau

Le second point, l'accroissement de la consommation au-delà des ressources disponibles, impliquerait nécessairement une rationalisation de l'usage de l'eau:
* de la part des agriculteurs : une adaptation des systèmes de production irrigués vers une valorisation accrue de l'eau (par exemple diminution de la riziculture de contre-saison chaude au profit de spéculations moins consommatrices d'eau)
* de la part des Etats (à travers leurs Sociétés) et de l'OMVS : une gestion contraignante de l'eau le long de la Vallée. Ceci n'est possible que s'ils se dotent de façon anticipée des moyens d'une Police des Eaux efficace (définition d'une allocation, contrôle des volumes prélevés et/ou des superficies mises en culture, redevance associée, moyens de contrainte en cas de prélèvements excessifs,…). Le caractère anticipé de la Police des Eaux est extrêmement important : il est plus facile d'habituer les acteurs à respecter des règles de fonctionnement lorsque l'on n'est pas en période de crise.

Un Plan Directeur d'ensemble doit donc définir un partage et une allocation de la ressource en eau entre les différents acteurs et être appuyé par les moyens de gestion de ce partage des eaux.

IV.B. Les outils de gestion du secteur irrigué par l'OMVS

1. L'inventaire des superficies irriguées :

L'inventaire actualisé des superficies aménagées et irriguées constitue la meilleure base pour un dispositif de suivi et de régulation des consommations en eau. Il est actuellement mené par les deux Sociétés d'Aménagement SONADER et SAED. Le même travail doit être effectué au Mali.

L'OMVS peut contribuer à homogénéiser les méthodologies, en concertation avec ces opérateurs, fournir régulièrement les moyens d'une vision d'ensemble de la vallée (couverture par images satellite), et aider à développer des outils communs pour la gestion de cette information (Système d'Information Géographique).

Cet outil d'inventaire peut être étendu à d'autres domaines comme l'extension de la crue et la mise en culture des zones de walo.

2. La mesure des débits par tronçon de Fleuve

La gestion d'un partage des ressources en eau nécessite d'être capable d'effectuer des bilans des volumes d'eeau consommés sur différents tronçons du Fleuve. Jusqu'ici le suivi hydrologique du Fleuve se fait par les mesures quotidiennes de niveaux en différentes stations. Trois points devraient être améliorés :

- La traduction des niveaux en débits, particulièrement sur la partie de la moyenne vallée au Delta
- Les mesures régulières de débit en des sites majeurs (sections entre troçons, principales stations de pompage, principaux défluents,…) notamment lorsqu'on ne dispose pas de lois d'étalonnage satisafiasantes (ou jusqu'à ce que l'on en dispose).
- La rapidité d'accès à l'information sur les débits et les volumes. L'OMVS devrait disposer d'un tableau de bord actualisé chaque semaine permettant de connaître les débits aux différentes sections et les volumes correspondant par tronçons.

3. L'inventaire et le suivi des stations de pompage

Un inventaire des stations de pompage le long du Fleuve a été réalisé par le Département technique de l'OMVS fin 1998. Les Groupes Moto Pompe (GMP) n'ont pas été recensés dans le détail, étant donné leur multitude et leur mobilité, mais leur nombre a été « estimé » par zone, en concertation avec les conseillers de développement rural de chaque zone.
Le suivi des stations de pompage majeures pourrait se faire sur la même base que celui des sections de contrôle du Fleuve (actualisation hebdomadaire du tableau de bord OMVS).

4. Le suivi des consommations en eau

La SAED, à travers le Programme « Gestion de l'Eau » mené en collaboration avec K.U. Leuwen, a développé et appliqué une méthodologie de suivi des consommations d'eau dans un périmètre irrigué.
Cette méthodologie repose sur une estimation quotidienne des débits et volumes à la station de pompage (mesure du niveau amont -fleuve- et du niveau aval -canal- , nombre de pompes en action, caractéristiques des pompes, consommation électrique), un suivi de la dynamique de remplissage – vidange des parcelles (cartographie des sols et des cultures, suivi de parcelles représentatives : remplissage, vidange et suivi par réglettes de la dynamique des niveaux). Elle permet notamment de dissocier les consommations à la parcelle des pertes sur les réseaux de canaux (transport et distribution).
Elle pourrait être généralisée avec profit le long du Fleuve sur des périmètres jugés représentatifs pour alimenter un observatoire des consommations en eau.

5. Les études de cas de périmètres irrigués

Les études de cas constituent un outil privilégié pour suivre sur le long terme l'évolution de l'organisation, de la gestion et des pratiques agricoles au sein d'un périmètre irrigué. L'OMVS et les Sociétés d'Aménagement doivent faciliter la constitution de cette « mémoire » du Secteur Irrigué.

Références bibliographiques Irrigation

OMVS

1987	Etude de Gestion des ouvrages communs de l'OMVS Rapport de phase 1 : Volume 1B : optimisation de la crue artificielle Rapport de phase 2 : Volume 2A : Scénarios d'utilisation de l'eau Auteur : Sir Alexander Gibb & Partners, EDF International, Euroconsult OMVS		
1994	Modèle Macro économique de la Vallée du Fleuve Sénégal OMVS Département Technique		
1995	Le Fleuve Sénégal et l'intégration en Afrique de l'ouest en 2011 Auteur : M. Maïga Karthala, Série des livres du CODESRIA		

Sénégal

1994	Plan Directeur Rive Gauche Auteurs : GERSAR CACG,…		
1997	Recueil des statistiques de la Vallée du Fleuve Sénégal. Annuaire 1995/1996 SAED, Direction de la Planification et du Développement Rural, Division du Suivi Evaluation		
1998	Etude des adducteurs du Delta Rive Gauche Auteur : BCEOM – YTC INASTEC SAED		
1998	Etude du Schéma Hydraulique de Pdoor Auteur : BRLi SAED		
1992	Schéma Hydraulique du Diamel Auteur : BDPA SCET AGRI SAED		
1999	Schéma Hydraulique du Dioulol Auteur : BCEOM SAED		

Mauritanie

1998	Etude de la filière riz mauritanienne Auteur : GLG Consultants, SONADER		
1994	Enquête SONADER sur les périmètres irrigués Auteur : SONADER		
1995	Programme de Développement Intégré de l'Agriculture Irriguée en Mauritanie, PDIAIM, Rapport général Aménagements Programme environnemental Contexte institutionnel Contexte économique		
1996	Situation actuelle du Secteur irrigué, synthèse thématique MDRE/CP, Comité Technique du PDIAIM		
1998	Politiques et stratégies générales pour le Développement du Secteur Rural. Horizon 2010 Ministère du Développement Rural et de l'Environnement. République Islamique de Mauritanie		

Général irrigation Vallée du Fleuve

1991	Analyse du bilan d'eau de deux cuvettes irriguées du Delta du Fleuve Sénégal (campagne d'hivernage 1990) Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°3. Juin 1991 SAED – K U Leuven		
1992	Analyse de la pluviométrie et de l'évaporation dans la zone du Delta du Fleuve Sénégal Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°5. Juin 1992 SAED – K U Leuven		
1993	Bilans d'eau et coût d'énergie des périmètres rizicoles Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°6. Juillet 1993 SAED – K U Leuven		
1993	Détermination des besoisn en eau. Zone de la Vallée du Fleuve Sénégal Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°7. Juillet 1993 SAED – K U Leuven		
1993	Les sols du Delta du Fleuve Sénégal : propriétés physiques et chimiques Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°8. Juillet 1993 SAED – K U Leuven		
1993	Projet « Gestion de l'Eau » : Rapport Final. Octobre 1993 SAED – K U Leuven		
1995	EXPO : Exploitation des stations de pompage : guide de l'utilisateur Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°9. Septembre 1995 SAED – K U Leuven		
1995	Etude de la salinité à Thiagar Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°10. Septembre 1995 SAED – K U Leuven		
1996	Méthodologie à suivre pour établir un bilan d'eau. Exemple de Pont Gendarme et Aéré Lao Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°11. Novembre 1996 SAED – K U Leuven		
1997	Besoins en eau des aménagements hydro-agricoles du Delta et débits d'équipement des grands axes hydrauliques Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°12. Janvier 1997 SAED – K U Leuven		
1997	Etude de la salinité des sols en riziculture non drainée dans le Delta du Fleuve Sénégal. Zone du Gorom aval Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°13. Mars 1997 SAED – K U Leuven		
1998	Suivi des piézomètres dans le Delta du Fleuve Sénégal Projet « Gestion de l'Eau » : Bulletin Technique n°15. Juin 1998 SAED – K U Leuven		
1998	Projet « Gestion de l'Eau » : Rapport Final. Juin 1998 SAED – K U Leuven		
1998	Modèle SIGBIRIZ : Système d'information géographique et de gestion des besoins en eau d'irrigation de la riziculture Projet « Gestion de l'Eau » SAED – K U Leuven		

Autres

1981	Auteurs : Lautier et Berger		
1982	Ministère des Affaires Etrangères		
1986	Auteur : Schmitz		



OMVS



ETUDE D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS DU FLEUVE SENEGAL

POPULATIONS DE LA VALLEE
concernées par la gestion des ouvrages et des eaux de surface
du Fleuve Sénégal

Rapport de synthèse
Version Finale

Mission Française de Coopération

Introduction

En **1988**[1] la population du Bassin du Fleuve Sénégal pouvait être estimée à 1 550 000 habitants (767 000 Sénégalais; 696 000 Mauritaniens; environ 80 000 Maliens).
La population riveraine du Fleuve était de l'ordre de 1 100 000 personnes. (environ 640 000 Sénégalais soit 9.5% de la population sénégalaise ; 409 000 Mauritaniens soit 22% de la population mauritanienne ; environ 50 000 Maliens);

En **2000**, tenant compte d'une croissance naturelle annuelle de la population de l'ordre de 2.2% par an, la population riveraine du Fleuve doit être de 1 400 000 habitants et la population totale du Bassin de l'ordre de 2 000 000 d'habitants.

La Région du Fleuve est une zone de contact entre les mondes arabo-berbère au nord et négro-africain au sud, et de ressource en eau et en végétation dans un environnement aride. Elle a traditionnellement été un lieu de cohabitation entre ethnies : Halpulaars, Wolofs, Soninkés, Malinkés, Khassonkés, Maures,… mais aussi de tensions.

La sécheresse naturelle depuis 1973 et les enjeux de l'Après-Barrage sont à l'origine de profondes mutations dans le tissu social, notamment dans les conditions d'accès à la terre, bouleversées par la réduction de surfaces de walo cultivables, le développement des aménagements irrigués et les réformes foncières associées. Les incidents frontaliers de 1989 qui ont évolué vers les tensions extrêmes entre le Sénégal et la Mauritanie en 1989 – 1990, sont une cristallisation de ces mutations.

La définition, d'un commun accord, de bases claires pour le partage et la gestion de la ressource en eau est donc un impératif pour la stabilité de la population de la région et, de façon élargie, pour la stabilité des relations entre les pays riverains.

Le but de cette note est de regrouper des informations synthétiques sur les populations de la Vallée directement concernées par la gestion du Fleuve et de ses aménagements. Nous n'avons pas mené de recherche particulière sur la partie malienne du bassin, moins directement affectée par le changement de régime hydrologique du Fleuve lié à la gestion des eaux (navigation mise à part).

Les deux premières parties de cette note présentent les données démographiques disponibles en rive sénégalaise (partie I) et en rive mauritanienne (partie II), et fournissent des projections de la population à l'horizon 2000.

La troisième partie présente de façon plus détaillée les différentes ethnies, leur organisation, leurs relations ainsi que les flux migratoires.

La quatrième partie esquisse les grandes lignes de l'évolution des systèmes fonciers au Sénégal et en Mauritanie, et leurs implications sur le tissu social de la Vallée.

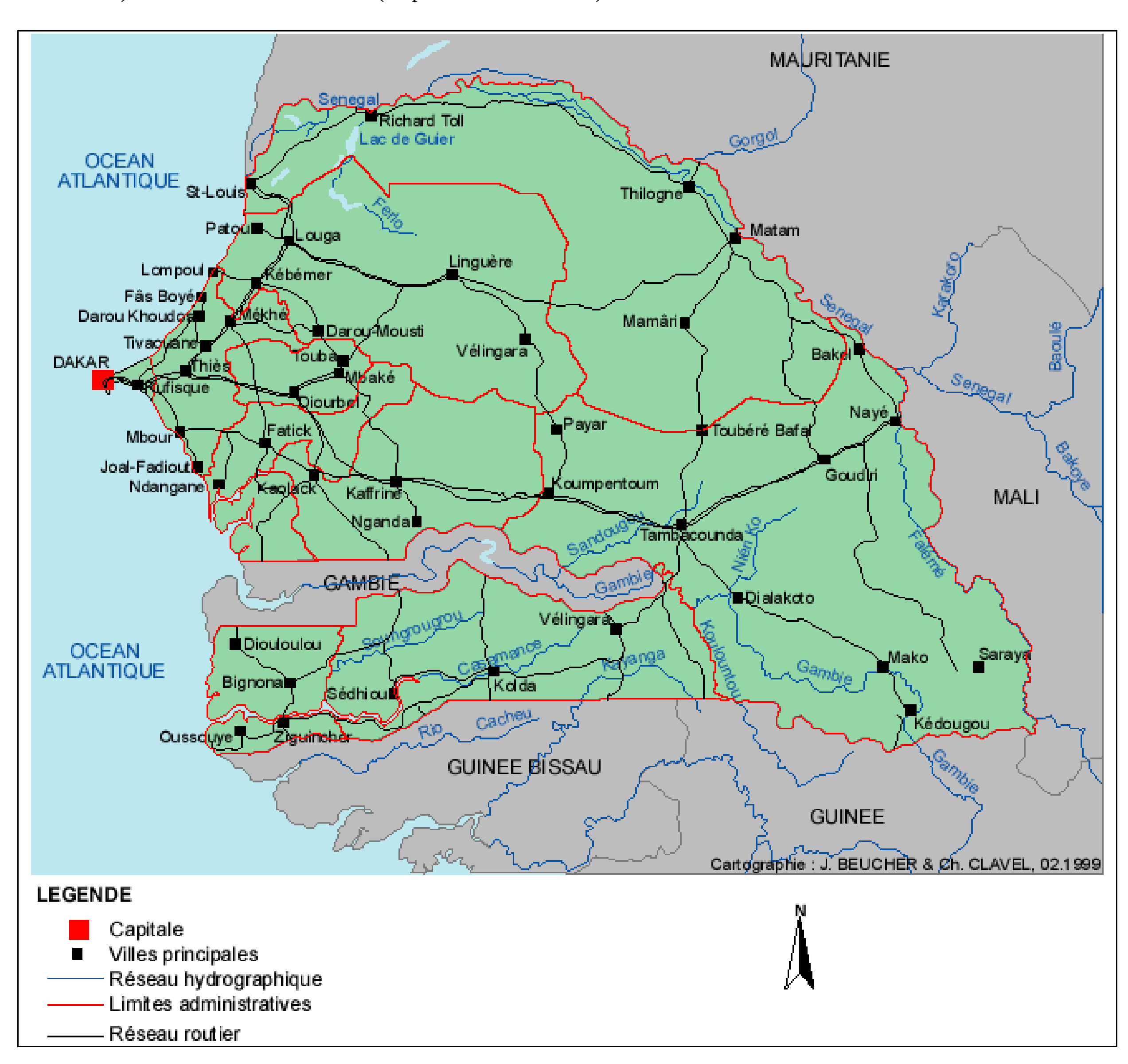
[1] Date des recensements les plus récents, en Mauritanie comme au Sénégal

I. La population sur la rive Sénégalaise du Fleuve Sénégal

L'estimation de la population sénégalaise à l'horizon 2000 est de l'ordre de 9 500 000 habitants, avec un taux de croissance naturelle de 2.7% par an.

Le dernier recensement général de la population sénégalaise date de 1988. Il a été réalisé et publié par la Direction de la Prévision et de la Statistique du Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan. La population globale du Sénégal était alors de 6 897 000 habitants, soit pour une superficie totale de 196 722 km² une densité moyenne de 35 habitants / km². Le taux moyen annuel d'accroissement naturel de la population globale était 2.7% par an pour la période 1976-1988. Il est de 3,8 % par an pour la même période pour la population urbaine.

Le Sénégal est constitué de six régions naturelles, subdivisées en 10 régions administratives, elles-mêmes subdivisées en Départements. La rive gauche du Fleuve Sénégal (partie Sénégalaise de la Vallée du Fleuve Sénégal) concerne directement deux régions : celle de Saint Louis en totalité (Départements de Dagana, Podor et Matam) et celle de Tambacounda (Département de Bakel).



I.A. Population sur la rive gauche du Fleuve Sénégal :

Les quatre Départements couvrant la rive gauche du Fleuve regroupaient en 1988 (cf. ci-dessous) 767 000 personnes, soit 11.1 % de la population du pays. Leur superficie totale de 66 500 km² donne une densité moyenne de 12 habitants au km² qui traduit surtout l'extension importante de la zone de Dieri dont la densité de population est très faible (2 à 3 habitants au km²).

La population est répartie en 51,7% de femmes et 48,3% d'hommes et entre 76% en milieu rural et 24% en milieu urbain (par ordre décroissant : Saint Louis, Richard-Toll, Dagana, Matam, Bakel, Podor).

Le tableau de la page suivante (extrait du Répertoire des villages, Région de Saint Louis et Région de Tambacounda) récapitule par Communauté Rurale et Zone urbaine les données concernant la partie Sénégalaise de la Vallée du Fleuve.

La population des différents départements est récapitulée de façon synthétique dans le tableau ci-dessous :

	Population		Superficie		Densite	Hommes	Femmes	Rapport
	hab.	%	km²	%	hab./km²			h. / 100 f.
Dagana	285879	36.8	6087	9.2	47.0	139635	146244	95
Podor	154723	19.9	12947	19.5	12.0	70828	83895	84
Matam	219680	28.3	25093	37.7	8.8	100469	119211	84
Bakel	115628	14.9	22378	33.6	5.2	55094	60534	91
Total	775910	100.0	66505	100.0	11.7	366026	409884	89

On constate que la densité diminue très fortement de l'ouest vers l'est.

Le Dieri est très peu peuplé (2 a 3 hbts/km2) au profit du walo et de sa frange dunaire qui concentrent l'essentiel de la population.

La région du Fleuve est à dominante rurale (73% de la population), très jeune (59% ont moins de vingt ans) et à prédominance féminine (89 hommes pour 100 femmes).

Le rythme d'accroissement naturel de la population est très élevé mais la croissance effective de la population est sous la moyenne nationale en raison de mouvements migratoires importants : 2.08 % par an (2.57 % par an à Dagana, 2.12 % par an à Matam, 0.83 % par an à Podor).

Ethnies

Le groupe Halpoularen comprend les Toucouleurs, les Peuls, les Foulas, les Laobes.
Le groupe Wolof comprend les Wolofs et les Lebous.
Le groupe Sarakhole comprend les Sarakholes, les Malinkes, les Mandingues et les Soces.

	Dagana		Podor		Matam		Bakel		Total	
	habitants	%	habitants	%	habitants	%	habitants	%	habitants	%
Halpulaars	72438	25.3	138897	89.8	193378	88.0	57814	50.0	462730	59.6
Wolof	182170	63.7	8613	5.6	8699	4.0	4394	3.8	203949	26.3
Maure	16549	5.8	4731	3.1	1730	0.8	(cf autres)	(cf autres)	23020	3.0
Sarakhole	1311	0.5	1210	0.8	14559	6.6	35613	30.8	52701	6.8
Bambara	3907	1.4	248	0.2	573	0.3	3700	3.2	8430	1.1
Serer	3652	1.3	394	0.3	319	0.1	347	0.3	4714	0.6
Diola	1877	0.7	182	0.1	50	0.0	(cf autres)	(cf autres)	2110	0.3
Mandingues	(cf autres)	(cf autres)	(cf autres)	(cf autres)	(cf autres)	(cf autres)	7400	6.4	7400	1.0
autres	3975	1.4	448	0.3	372	0.2	6360	5.5	11156	1.4
Total	285879	100.0	154723	100.0	219680	100.0	115628	100.0	776210	100.0

Dénomination	**Concessions**	**Ménages**	**Masculin**	**Féminin**	**Ensemble**
Vallée du Fleuve	**72439**	**86992**	**370423**	**396802**	**767225**

Dénomination	Concessions	Ménages	Masculin	Féminin	Ensemble
Dept de Dagana	**27669**	**32560**	**141496**	**143919**	**285415**
Arrdt de Mbane	**3239**	**3403**	**15402**	**16663**	**32065**
CR de Gae	1404	1492	6089	6541	12630
CR de Mbane	1835	1911	9313	10122	19435
Arrdt de Rao	**3524**	**4419**	**21332**	**22729**	**44061**
CR de Gandon	2258	2967	14251	15296	29547
CR de Mpal	1266	1452	7081	7433	14514
Arrdt de Ross-Bethio	**5089**	**5566**	**24883**	**25240**	**50123**
CR de Ross-Bethio	3457	3833	16186	16628	32814
CR de Rosso-Sénégal	1632	1733	8697	8612	17309
Zone Urbaine	**15817**	**19172**	**79879**	**79287**	**159166**
Dagana	1668	1740	8389	7249	15638
Richard Toll	3325	3965	15711	13900	29611
Saint-Louis	10824	13467	55779	58138	113917

Dénomination	Concessions	Ménages	Masculin	Féminin	Ensemble
Dept de Matam	**18948**	**25630**	**103732**	**118199**	**221931**
Arrdt de Kanel	**3347**	**4616**	**20407**	**23464**	**43871**
CR de Kanel	1594	2171	9701	10969	20670
CR de Sinthiou-Bamambe	1753	2445	10706	12495	23201
Arrdt d'Ouroussogui	**7520**	**10281**	**39941**	**45009**	**84950**
CR de Bokidiave	2363	3254	12606	13881	26487
CR de Nabadji-Civol	1732	2473	9896	11423	21319
CR de Ogo	2455	3322	11915	13976	25891
CR de Ranerou	970	1232	5524	5729	11253
Arrdt de Semme	**3743**	**4822**	**22807**	**26272**	**49079**
CR de Bokiladji	982	1285	6416	7552	13968
CR de Orkadiéré	1480	1955	8901	10020	18921
CR de Semme	1281	1582	7490	8700	16190
Arrdt de Thilogne	**3483**	**4726**	**15320**	**17989**	**33309**
CR de Agnam Civol	1012	1395	4511	5353	9864
CR de Orefonde	771	1107	3740	4380	8120
CR de Thilogne	1700	2224	7069	8256	15325
Zone Urbaine	**855**	**1185**	**5257**	**5465**	**10722**
Matam	855	1185	5257	5465	10722

Dénomination	Concessions	Ménages	Masculin	Féminin	Ensemble
Dept de Podor	**16641**	**17492**	**70276**	**79319**	**149595**
Arrdt de Cas-Cas	**4892**	**6278**	**20346**	**23342**	**43688**
CR de Aere-Lao	2230	2833	10316	11101	21417
CR de Medina-Ndiatbe	1528	1954	5863	6914	12777
CR de Mboumba	1134	1491	4167	5327	9494
Arrdt de Ndioum	**5435**	**3682**	**22339**	**25558**	**47897**
CR de Dodele	1495	1779	6479	7478	13957
CR de Gamadji Sarre	1554	1698	5786	6610	12396
CR de Guede	2386	205	10074	11470	21544
Arrdt de Salde	**2627**	**3398**	**11857**	**13568**	**25425**
CR de Galoya-Toucouleur	1248	1780	6156	7213	13369
CR de Pete	1379	1618	5701	6355	12056
Arrdt de Thille Boubacar	**2829**	**3140**	**12190**	**12926**	**25116**
CR de Fanaye	1510	1610	6367	6805	13172
CR de Ndiayene-Pendao	1319	1530	5823	6121	11944
Zone Urbaine	**858**	**994**	**3544**	**3925**	**7469**
Podor	858	994	3544	3925	7469

Dénomination	Concessions	Ménages	Masculin	Féminin	Ensemble
Dept de Bakel	**9181**	**11310**	**54919**	**55365**	**110284**
Arrdt de Bala	**2479**	**2834**	**13941**	**10783**	**24724**
CR de Bani-Israel	996	1109	5898	6187	12085
CR de Dougue	659	795	3881	4347	8228
CR de Kothiary	824	930	4162	249	4411
Arrdt de Diawara	**2230**	**3046**	**16593**	**18917**	**35510**
CR de Ballou	720	997	5661	6284	11945
CR de Gabou	570	684	3434	3602	7036
CR de Moudery	940	1365	7498	9031	16529
Arrdt de Goudiry	**1732**	**2171**	**9649**	**9968**	**19617**
CR de Goudiry	902	1091	4898	5060	9958
CR de Koular	830	1080	4751	4908	9659
Arrdt de Kidira	**1961**	**2232**	**10865**	**11609**	**22474**
CR de Bele	1328	1524	7147	7573	14720
CR de Sadatou	633	708	3718	4036	7754
Zone Urbaine	**779**	**1027**	**3871**	**4088**	**7959**
Bakel	779	1027	3871	4088	7959

I.B. Projections de population

Des projections d'évolution de la population ont été réalisées sur 25 ans et sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	**1988**	2000	2015
Vallée du Fleuve	**767225**	**992256**	**1275005**
Dept de Dagana	**285415**	**394199**	**563079**
Arrdt de Mbane	**32065**		
Arrdt de Rao	**44061**		
Arrdt de Ross-Bethio	**50123**		
Zone Urbaine	**159166**	**241985**	**383578**
Dagana	15638	24279	39505
Richard Toll	29611	66496	142324
Saint-Louis	113917	151210	201749
Dept de Matam	**221931**	**285581**	**376133**
Arrdt de Kanel	**43871**		
Arrdt d'Ouroussogui	**84950**		
Arrdt de Semme	**49079**		
Arrdt de Thilogne	**33309**		
Zone Urbaine	**10722**	**11671**	**10313**
Matam	10722	11671	10313
Dept de Podor	**149595**	**162629**	**139610**
Arrdt de Cas-Cas	**43688**		
Arrdt de Ndioum	**47897**		
Arrdt de Salde	**25425**		
Arrdt de Thille Boubacar	**25116**		
Zone Urbaine	**7469**	**7633**	**6187**
Podor	7469	7633	6187
Dept de Bakel	**110284**	**149847**	**196183**
Arrdt de Bala	**24724**		
Arrdt de Diawara	**35510**		
Arrdt de Goudiry	**19617**		
Arrdt de Kidira	**22474**		
Zone Urbaine	**7959**	**9745**	**11422**
Bakel	7959	9745	11422

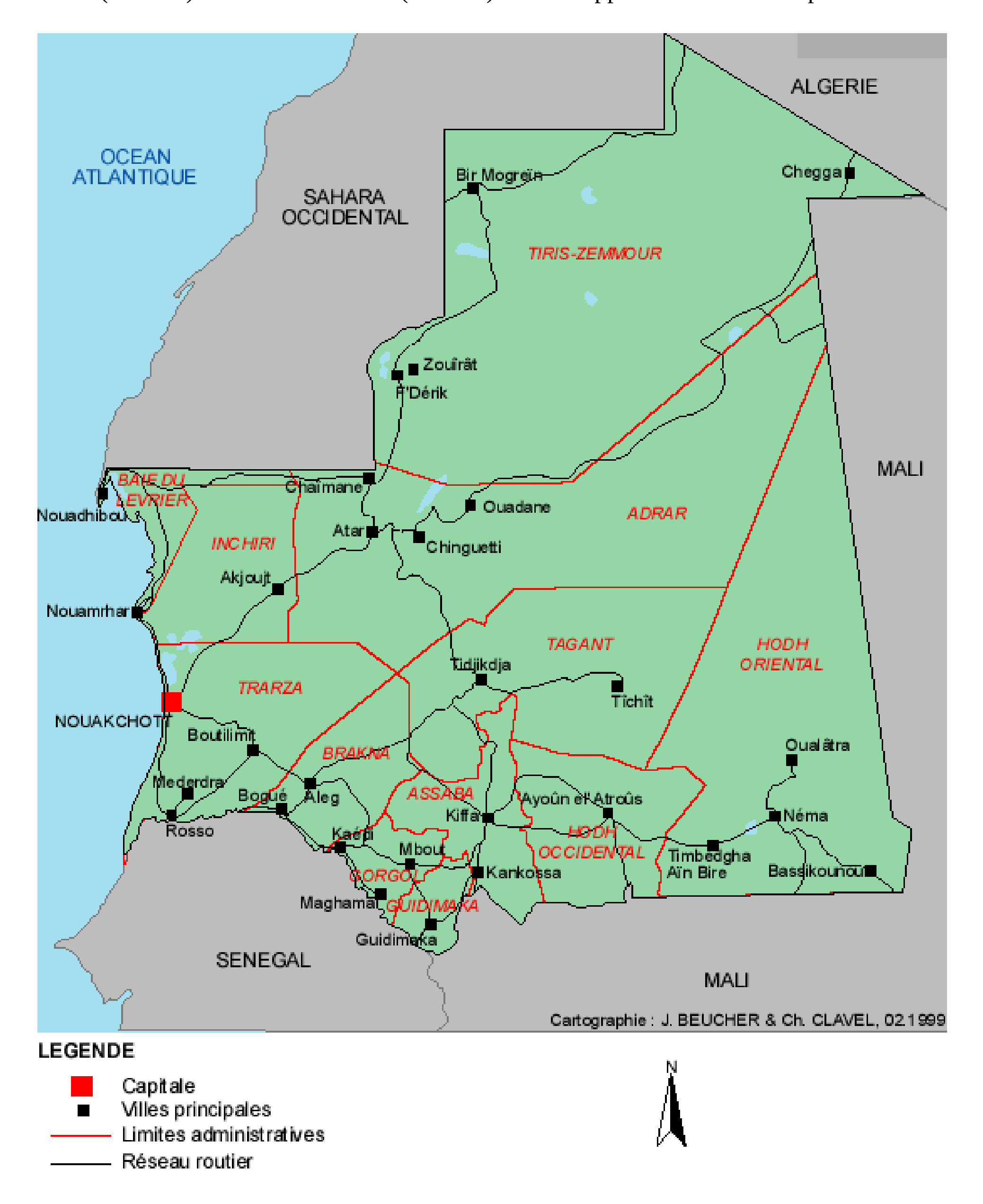
Hypothèses utilisées pour la projection d'évolution :

- *la table de mortalité de base est celle de 1988 pour laquelle l'espérance de vie a la naissance est de 54.2 ans*
- *la table de mortalité en fin de période est celle de 2015 avec une espérance de vie de 63.2 ans*
- *la baisse de mortalité est supposée linéaire entre 1988 et 2015*
- *les estimations ont été faites a partir des tables de mortalité de l'ONU, modèle Sud*
- *la fécondité de base est le niveau de 1988 avec un indice synthétique de fécondité de 6.3 enfants par femme obtenu à partir des résultats du RGPH88 corrigés par la méthode de Trussel avec les parités moyennes observées dans l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) de 1986.*
- *la baisse de fécondité est supposée linéaire entre 1988 et 2015.*
- *la fécondité en fin de période est celle de 2015 avec un indice synthétique de fécondité de 3.9 enfants par femme*
- *le solde migratoire en début de période est estimé a 0.3% (différence entre l'accroissement intercensitaire 1976/1988 et l'accroissement naturel). Ce solde est supposé décroître linéairement (en valeur absolue) à partir de 1988 pour s'annuler en 2005*
- *les effectifs régionaux sont obtenus en supposant que l'évolution du poids de chaque entité administrative suit une loi statistique, les paramètres étant déterminés par les pourcentages observés entre 1976 et 1988*

II. La population sur la rive Mauritanienne du Fleuve Sénégal

L'estimation de la population mauritanienne à l'horizon 2000 est de 2 650 000 habitants avec un taux de croissance naturel de 2.9% par an et environ 45% de la population ayant moins de 15 ans

Le dernier recensement Mauritanien a été mené en 1988 (même année qu'au Sénégal), les précédents ayant eu lieu en 1965 et 1976. La population totale recensée en avril 1988 était de 1 864 236 habitants. Cette population se répartissait en 1 640 141 sédentaires (~88%) et 224 095 nomades (~12%). Sur cette population on comptait 923 175 hommes (49.52%) et 941 061 femmes (50.48%) soit un rapport de 98 hommes pour 100 femmes.



L'évolution de la population a suivi le rythme de croissance présenté dans le tableau ci-dessous :

	Enquête ou recensement	
1965	923 175 habitants	
1977	1 338 830 habitants	Accroissement de 2.17% par an entre 1965 et 1977
1988	1 864 236 habitants	Accroissement de 2.93% par an entre 1977 et 1988

Sources : résultats prioritaires du recensement de la population et de l'habitat 1988 (R.I.M. Ministère du Plan, Office National de la Statistique)

La population nomade est passée simultanément de 73% à 33% puis 12% de la population, ce qui semble imputable à l'effet conjugué de la sécheresse (qui a accentué l'exode rural) et de l'évolution économique de la société.

II.A. Population sur la rive droite du Fleuve Sénégal :

La Mauritanie est divisée administrativement en 13 Wilayas elles-mêmes subdivisées en moughataa. Quatre Wilayas sont riveraines du Fleuve : Trarza, Brakna, Gorgol et Guidimaka. Les quatre Wilayas riveraines au Fleuve ont, de l'aval vers l'amont, la population suivante :

Wilaya	**Population**	**Dont étrangers**	**Superf. (km²)**	**Dens. (h/km²)**	**Population rurale**	**%**	**Popul. urbaine**	**%**	**Capitale**	**Population Capitale**
Trarza	202 596	2 582	63910	3.2	160268	79.1	42328	20.9	Rosso	27 783
Brakna	192 157	1 734	41956	4.6	154574	80.4	37583	19.6	Aleg	9 635
Gorgol	184 359	5 857	15610	11.8	148535	80.6	35824	19.4	Kaedi	30 515
Guidimaka	116 436	3 440	14393	8.1	104906	90.1	11530	9.9	Selibaby	11 530
Total	**695 548**	**13613**	**135869**	**5.1**	**568283**	**81.7**	**127265**	**18.3**		

Sources : Résultats prioritaires du recensement de la population et de l'habitat 1988 (R.I.M. Ministère du Plan, ONS). Annuaire statistique 1991

Elles sont, à l'exception de la région de Nouakchott, les plus densément peuplées du pays et représentent environ 37% de la population Mauritanienne.

Wilaya	**Moughataas riveraines du Fleuve**	**Population**	**Moughataas non riveraines du Fleuve**	**Population**
Trarza	Keur Macese	21 250	Ouad Naga	15 836
	Rosso	52 501	Boutilimit	40 953
	Rkiz	44 854	Mederdra	27 202
		118 605		**83 991**
Brakna	Boghe	49 822	Magta Lahjar	35 957
	Mbagne	30 366	Aleg	54 954
	Bababé	21 058		
		101 246		**90 911**
Gorgol	Kaedi	73 985	Monguel	20 204
	Maghame	31 520	Mbout	58 650
		105 505		**78 854**
Guidimaka	Selibaby	83 602	Ould Yenge	32 834
		83 602		**32 834**
Total		**408 958**		**286 590**

Sources : Résultats prioritaires du recensement de la population et de l'habitat 1988 (R.I.M. Ministère du Plan, ONS). Annuaire statistique 1991

Les mougataa riveraines regroupent 409 000 habitants, soit 22% de la population mauritanienne.

La répartition nationale en groupes d'âges reste stable :

Groupe d'âge	1965	1977	1988
0-14	43.94	43.97	44.18
15-59	50.79	50.20	49.73
60 et plus	5.27	5.83	6.09
	100	100	100

Sources :Résultats prioritaires du recensement de la population et de l'habitat 1988 (R.I.M. Ministère du Plan, ONS)

L'Agriculture compte environ 50% des actifs. Elle concerne respectivement 91% de la population nomade (92% en 1976) et 46.4% de la population sédentaire (55.4% en 1976).

	Actifs	Agriculture	Elevage	Peche	Total
TRARZA	54 651	7 046	7 543	298	14 887
BRAKNA	49 048	15 305	5 197	65	20 567
GORGOL	53 310	24 577	6 471	311	31 359
GUIDIMAKA	41 324	26 743	4 378	40	31 161
Total	198 333	73 671	23 589	714	97 974

Sources : résultats prioritaires du recensement de la population et de l'habitat 1988 (R.I.M. Ministère du Plan, Office National de la Statistique)

Les puits constituent la principale source d'approvisionnement en eau (43.1%) suivi de l'achat d'eau à partir de citernes ou de fûts (30.7%) et de l'accès aux réseaux d'adduction publique (11.2%). Sur les wilayas riveraines du Fleuve ce sont les 2/3 des logements qui sont alimentés par des puits.

Le recensement des étrangers indiquait en 1988 (avant les tensions entre Sénégal et Mauritanie de 1989 - 1990) une population de 6497 maliens et de 32729 sénégalais[2]

II.B. Projections de population

Niveau national mauritanien :

Les projections de population à l'horizon 2000, réalisées par la Direction de la Statistique ou par les Nations Unies, concordent autour d'un chiffre de 2 650 000 habitants.

Les projections à l'horizon 2010 sont de 3.5 millions d'habitants (cf. Politiques et Stratégies Générales pour le Développement du Secteur Rural à l'horizon 2010, Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 1998)

Niveau régional de la rive droite du Fleuve

Le même taux de croissance appliqué aux 409 000 riverains de rive droite en 1988 fournit une population en rive droite de 580 000 riverains en 2000 et 766 000 riverains en 2010. On notera toutefois que la population en rive droite s'est accrue plus rapidement que la population sur l'ensemble de la Mauritanie, le Fleuve (et ses aménagements) ayant été fortement attracteur en période de sécheresse.

[2] on estime qu'au cours des événements dramatiques de 1989-1990, 87 000 Sénégalais antérieurement installés sur le territoire mauritanien auraient été rapatriés et 48 000 mauritaniens d'origine négro-africiane se eraient réfugiés au Sénégal. Par ailleurs 13 000 Sénégalais qui cohabitaient depuis plusieurs générations avec la population mauritanienne et cultivaient des terres en rive droite auraient abandonné cette rive.
Inversement 80 à 120 000 Sénégalais d'origine Maure se seraient réfugiés en Mauritanie.

III. Les ethnies, leurs activités, leurs relations et les mouvements migratoires.

Le Delta et la Moyenne Vallée

Les **Halpulaars**, composé de Peuls et de Toucouleurs, constituent le groupe ethnique le plus important sur le Fleuve :

- Les Toucouleurs (plus de 60% de la population en rive gauche) sont avant tout cultivateurs et « maîtres de la terre » notamment dans le Delta et la Moyenne Vallée. Traditionnellement plusieurs milliers d'entre eux cultivaient également des terres en rive droite, qu'ils ont dû abandonner suite aux affrontements de 1989-1990 (on estime à 13000 personnes le nombre de ces « déguerpis »).
- Les Peuls, moins nombreux (4% de la population en rive gauche), sont traditionnellement éleveurs nomades, disséminés dans des campements le long du Fleuve.

Les **Wolofs** (près de 25% de la population en rive gauche) constituent le second groupe et sont principalement implantés dans le Delta et la Basse Vallée en rive gauche.

L'organisation sociale, au sein de ces groupes ethniques et entre eux, est marquée par le communitarisme et l'organisation en castes.
L'Agriculture est la principale activité. Les terres (traditionnellement cultures de diéri pluviales et cultures de walo en décrue) sont essentiellement partagées entre les Toucouleurs et les Wolofs. Les castes dirigeantes détiennent traditionnellement la jouissance de la quasi-totalité de la terre, constituant ainsi une aristocratie foncière, alors que les castes artisanales et serviles sont écartées de l'accès direct à la terre. Dans le contexte de l'aménagement de périmètres irrigués, de la réforme foncière actuelle et de l'incitation à l'investissement privé en irrigation, l'attribution de terres dans un cadre juridique moderne est un enjeu social de première importance. Les uns cherchent à « officialiser » des droits traditionnels, les autres à « acquérir » des droits dans un cadre plus démocratique (Conseils Ruraux élus).
L'élevage est essentiellement pratiqué par les Peuls (et les Maures sur la rive droite). Les aménagements irrigués empiétant de plus en plus sur les terres de parcours, les éleveurs remettent parfois en cause les décisions d'attribution de terres prises par les Conseils Ruraux, souvent dominés par les Toucouleurs et les Wolofs.

Les **Maures,** majoritairement installés en rive droite (ils ne représentent qu'environ 3% de la population sur la rive sénégalaise), sont répartis à peu près également entre Maures blancs d'origine arabo-berbère, et Maures noirs, négro-africains arabes, essentiellement des harratines (ancienne main d'œuvre servile). Ils sont installés le long de toute la vallée.
Les activités traditionnelles des Maures restent le commerce et l'élevage et leur organisation socio-politique, fortement hiérarchisée en castes, n'est pas basée sur la terre. Toutefois la Vallée du Fleuve a toujours été une zone d'attraction par ses ressources en eau et en pâturages : ainsi les Maures utilisaient la main d'œuvre harratine pour faire des cultures de décrue.
On assiste à un afflux de Maures en voie de sédentarisation en rive droite (la population en rive droite croît rapidement : de 315 000 habitants en 1977 à plus de 600 000 habitants en 1988), attirés par les ressources de la vallée et les opportunités d'investissement en irrigation. La réforme foncière attribuant des terres de manière indépendante des droits traditionnels favorise cet afflux.

Le Haut Fleuve

Dans la région du Haut Fleuve, en amont de Bakel on trouve les **Soninkés**, les **Malinkés** et les **Khassonkés,** tous majoritairement sédentaires. Les Soninkés occupent les deux rives du Haut Sénégal, à cheval sur les trois pays. Les Malinkés sont situés plutôt en rive gauche, entre le Sénégal et la Falémé. Les Khassonkés peuplent les deux rives de Bafoulabé à Kayes

L'absence de terres alluviales n'a pas favorisé le développement d'une aristocratie foncière comparable à celle de la Vallée. La terre est aux mains de la Communauté villageoise, c'est à dire des premières familles installées.

Le Haut Fleuve est également une région privilégiée d'élevage avec les Soninkés et Khassonkés sédentaires (élevage bovin) et les nomades Peuls et Maures (élevage ovin).

Les mouvements de population

La région est marquée par des mouvements migratoires internes et externes.

Les mouvements internes à la Vallée sont de deux types :
- Les migrations annuelles des éleveurs nomades
- Le passage d'une rive à l'autre pour les travaux agricoles. Cette pratique s'est fortement réduite après le conflit de 1989-1990.

Les mouvements externes sont également de deux types :
- Afflux de maures venus du nord, attirés par les ressources en eau et en pâturages et par les opportunités d'investissement
- Migration vers les pôles économiques (Saint Louis, Dakar) et vers l'étranger (Côte d'Ivoire, Europe) provoquée par deux décennies de sécheresse et la faiblesse du développement économique régional. Cette migration concerne essentiellement une partie jeune et dynamique de la population masculine. On observe par exemple, lors des cultures de décrue, que l'essentiel de la population occupée aux travaux agricoles est constituée de femmes, d'enfants et d'hommes âgés. Cette migration joue toutefois également un rôle positif en permettant de réinjecter dans l'économie régionale un flux monétaire extérieur.

IV. L'évolution des systèmes fonciers en lien avec le développement de la Filière Irriguée.

L'engagement de la Vallée vers le développement de l'irrigation a eu un impact significatif sur l'organisation sociale des populations. Ceci est particulièrement marqué par l'évolution du dispositif foncier qui accompagne l'incitation à l'investissement privé dans le Domaine Irrigué.

Schématiquement quatre types d'irrigation se rencontrent :

1. **L'irrigation sur périmètres publics**. Les terres appartiennent à l'Etat, les aménagements sont réalisés sur financement public et sont gérés par l'Etat. Les irrigants sont organisés en Coopératives (Mauritanie) ou Groupements d'agriculteurs (Sénégal). Les terres sont allouées par l'Etat en concertation avec les Communautés Rurales et les Groupements d'Agriculteurs.

2. **L'irrigation sur périmètres villageois**. Les groupements villageois sont préalables à la réalisation des aménagements, qui se font toujours sur financement public. En revanche les groupements villageois prennent en charge leur gestion et leur maintenance. L'allocation des terres est décidée par les Communautés Rurales et les groupements villageois.

3. **L'irrigation sur périmètres privés**, relevant totalement de l'initiative privée (coût d'aménagement et de fonctionnement) elle fait l'objet d'une allocation de la terre par l'Etat sur un bail de longue durée (décision d'attribution prise par le Conseil Rural), sous réserve de mise en valeur agricole de ces terres.

4. **L'irrigation privée de cultures industrielles** (exemple : 11 000 ha de canne à sucre de la Compagnie Sucrière Sénégalaise en rive gauche à Richard Toll). Les terres sont louées par l'Etat selon un bail emphytéotique.

L'investissement privé, sollicité par les pouvoirs publics, n'est possible que si les investisseurs potentiels sont assurés d'un droit d'exploitation sur le long terme des terres qu'ils aménagent. Ceci implique une adaptation des systèmes fonciers ou du moins une mise en œuvre efficace des dispositions législatives déjà existantes. Ceci représente une modification en profondeur de l'organisation sociale pouvant susciter des oppositions (perte de rente de situation) ou des dérives spéculatives (spéculation foncière : accumulation par les uns et exclusion des autres). Or la mise en œuvre du statut foncier des terres cultivables reste souvent chaotique (SEZNEC 1996) notamment du fait du manque d'outils de suivi et de gestion de l'information foncière : cadastre, plan d'occupation des sols, définition de normes d'aménagement,…

Le système foncier traditionnel

Le système foncier traditionnel reposait sur une répartition des terres par les conseils de village. Les terres (traditionnellement cultures de diéri pluviales et cultures de walo en décrue) étaient essentiellement partagées entre les Toucouleurs et les Wolofs. Les castes dirigeantes détenaient traditionnellement la jouissance de la quasi-totalité de la terre, constituant ainsi une aristocratie foncière, alors que les castes artisanales et serviles étaient écartées de l'accès direct à la terre. Les « maîtres de la terre » assuraient la gérance et la distribution des terres et percevaient les redevances, sans toutefois être propriétaires du sol qui reste une propriété commune, indivisible et inaliénable.
L'articulation entre agriculteurs et éleveurs se faisait autour de parcours définis traditionnellement.

Les systèmes fonciers modernes

Sénégal :

Le système foncier actuel en Rive Sénégalaise est défini par la Loi sur le Domaine National (Loi 64-46 de 1964).

Les terres du Domaine National sont classées en quatre zones : zones urbaines, zones classées, zones de terroir, zones pionnières. Les zones irriguées ont été incluses dans le Domaine National en 1964 et versées dans les « zones de terroir » (le Delta, initialement versé en « zone pionnière » gérée par la SAED, a été reversé en « zone de terroir » par le Décret 87-720 en 1987).

Le système foncier donne aux Communautés Rurales le rôle de gestionnaire des « zones de terroir ». Ces Communautés Rurales ont été instituées au Sénégal depuis 1972 par la Loi 72-25 relative à la réforme administrative et territoriale. Les décisions d'attribution sont prises par le Conseil Rural, (2/3 de ses membres élus au sein de la Communauté Rurale, 1/3 cooptés).

L'octroi et le maintien de la terre à un attributaire sont conditionnés à sa mise en valeur rationnelle. L'attribution des terres irriguées pour les nouveaux aménagements s'est donc faite à l'initiative des Conseils Ruraux, mais sans cadre rigoureux sur lequel s'appuyer (un cadastre, des normes d'aménagement, des normes de mise en valeur,…). Dans certains cas les Conseils Ruraux ont officialisé des droits ancestraux, dans d'autres cas ils ont démocratisé l'accès à la terre en l'ouvrant à des groupes (femmes, jeunes,…) qui en étaient jusqu'alors privés.

Globalement on a assisté à un « marquage foncier » avec des investissements sur les aménagements privés faibles (100 000 FCFA/ha sur les périmètres privés alors que l'investissement était de 2 à 3 millions de FCFA sur les périmètres d'Etat). Ces périmètres privés se sont rapidement avérés non rentables (pas de drainage, pas de planage, peu d'entretien, coûts de pompage élevés et salinisation) et leur mise en valeur a généralement été suspendue après quelques années.

L'exploitation des PIV se fait par des groupements de paysans. Leur réalisation et leur fonctionnement résultent le plus souvent d'un consensus foncier.

Les périmètres privés sont gérés par des Groupements d'Intérêt Economique (GIE) :

- GIE familiaux ou entre alliés, le plus souvent à l'initiative de l'aristocratie foncière, dont l'objectif est la sécurisation ou l'accumulation et le regroupement des terres,
- GIE individuels issus de la fragmentation des unités familiales de production ou d'autres origines (expulsés de Mauritanie, fonctionnaires).

Les détenteurs de GIE se comportent en propriétaires de la terre alors qu'elle ne leur est qu'affectée sous condition de mise en valeur, la Loi sur le Domaine National n'autorisant pas la propriété sur le Domaine National. La création d'un GIE apparaît donc d'abord comme une façon de sécuriser dans le droit moderne des droits fonciers traditionnels préexistants, et éventuellement d'entrer ensuite dans une stratégie de spéculation foncière

Mauritanie

La réforme foncière tente de mettre en place un « droit moderne » permettant une « exploitation rationnelle et efficace des terres », le potentiel de terres cultivables étant très limité en Mauritanie. Elle se fonde sur plusieurs principes :

- Les terres qui n'ont jamais été mises en valeur (où dont la mise en valeur n'a pas laissé de trace évidente) sont propriété de l'Etat,
- L'accès à la propriété privée d'une terre domaniale suppose l'obtention de sa concession auprès de l'Etat,
- Le système traditionnel de tenure des sols est aboli

La mise en œuvre de ces principes n'est pas simple et est source de tension entre les populations négro-africaines défendant un droit ancestral sur leurs terres, et les populations maures, détenteurs de capitaux qu'ils souhaitent investir dans l'Agriculture de la Vallée.

Ainsi la réforme foncière prévoit l'attribution de terres pour la création ou la régularisation de périmètres privés. En pratique les attributions ont surtout concerné les périmètres privés créés par les Maures dans le Trarza. Peu de demandes de régularisation émanent de petits périmètres existants, probablement du fait de la reconnaissance locale des droits des attributaires qui ne ressentent pas la nécessité d'une reconnaissance administrative.

On soulignera que l'identification du foncier permet d'assurer une garantie dans le système d'attribution des crédits.

Le lien de ces enjeux fonciers avec la gestion des eaux du Fleuve se situe à deux niveaux :

- la réglementation de l'accès à la terre préfigure ce que devra tôt ou tard être une réglementation de l'accès à l'eau
- le développement des superficies aménagées a été et est intense, notamment par la forte croissance d'aménagements privés qui ne se sont pas révélés être des aménagements durables. Ceci s'explique par le fait que la stratégie foncière (marquer un droit sur la terre) peut souvent prédominer sur la stratégie de production agricole proprement dite. Avec la clarification des statuts fonciers cette phase transitoire devrait se stabiliser et laisser la place à de réelles stratégies de production agricole et donc de valorisation de l'eau.

Références bibliographiques

	SENEGAL		
1992	Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Sénégal de 1988 * Rapport national – résultats définitifs (juin 1993) * Rapport Régional de Saint-Louis (sept 1992) * Rapport Régional de Tambacounda (sept. 1992) * Répertoire des villages – Région de Saint Louis * Répertoire des villages Région de Tambacounda * Population du Sénégal : structure par sexe et par âge en 1988 et projections de 1989 à 2015 (sept. 1992) *Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan ; Direction de la Prévision et de la Statistique*		
1997	Enquête Démographique et de santé au Sénégal (EDS III) *Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan ;* *Direction de la Prévision et de la Statistique ;* *Division des Statistiques démographiques*		
1990	Les relations ville-campagne dans le Département de Matam *Le Ricollais* *Senegal river basin monitoring activity* *Institute for Development Anthropology*		
1989	Le risque en agriculture *ORSTOM* *Collection « A travers champs »*		
1989	La vallée du Sénégal *Diagne, Lericollais*		
1975	Répertoire et codes des principaux terrains de culture de la vallée du Sénégal Document de référence		
1984	La désertion des terroirs de la vallée du Sénégal *ORSTOM : Colloque « Résistance à la sécheresse en milieu intertropical »*		
	Nianga, Laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal *ORSTOM : Collection Colloques et Séminaires*		
	MAURITANIE		
1977	Recensement général de la population 1977 *Ministère de l'Economie et des Finances* *Nouakchott,* 4 volumes		
1972	Enquête démographique 1965. *Ministère des Finances, du Plan et de la Fonction Publique* Paris, 1972, INSEE, SEDES, 2 Vol. 167 pages + annexes et 327 p.		
1981	Enquête Nationale Mauritanienne sur la Fécondité, 1981. Rapport Principal *Ministère du Plan et de l'Aménagement du Territoire* Nouakchott, 1984, 2 volumes, 170 p. et 254 p.		
1988	Annuaire Statistique 1988 *Office National de la Statistique* Nouakchott		
1992	Données de base sur la population : Mauritanie *N. Lopez-Escartin* CEPED : Centre Français sur la Population et le Développement Paris, 1992		
	GENERAL		
1990	Etude sur la Région du Fleuve Sénégal S. Tomasi Ecole Nationale d'Administration, Paris 1990		

PÔLE REGIONAL CORAF DE RECHERCHE
SUR LES SYSTEMES IRRIGUES SOUDANO SAHELIENS
PSI-CORAF



ETUDE D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS DU FLEUVE SENEGAL

Impacts potentiels de la gestion des réservoirs du fleuve Sénégal sur l'élevage de la Vallée et du Delta

Christian CORNIAUX

Mai 1999

COORDINATION NATIONALE DU PSI AU SENEGAL
ISRA/Fleuve – BP 240 St Louis – tél : (221) 961-17-51 – fax : (221) 961-18-91

PÔLE REGIONAL CORAF DE RECHERCHE
SUR LES SYSTEMES IRRIGUES SOUDANO SAHELIENS
PSI-CORAF

OMVS
Projet d'Optimisation de la Gestion des Réservoirs

Impacts potentiels de la gestion des réservoirs du fleuve Sénégal sur l'élevage de la Vallée et du Delta

Christian CORNIAUX

Mai 1999

Cette étude a été réalisée par le PSI dans le cadre de la phase 2 du « Projet d'Optimisation de la Gestion des ouvrages du fleuve Sénégal », que mène l'Institut de Recherches pour le Développement (IRD) pour l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS).

SOMMAIRE

Projet d'optimisation de la gestion des réservoirs du fleuve Sénégal

Impacts potentiels de la gestion des réservoirs du fleuve Sénégal sur l'élevage de la Vallée et du Delta.

Christian CORNIAUX

L'objectif de cette étude est de donner une vision globale pertinente de l'élevage dans la Vallée du fleuve Sénégal (de Kayes au Delta), de sa dynamique, de sa place dans l'économie des populations, de son lien avec les ressources générées par le Fleuve et de l'impact potentiel de la gestion du Fleuve sur ce secteur d'activité.

La zone d'étude s'étend de Kayes au Delta avec une attention plus marquée pour la zone de Bakel au Delta (moyenne vallée de Bakel à Podor, basse vallée de Podor au Delta) où les effets de la gestion du Fleuve sont les plus sensibles. La situation de l'élevage est traitée aussi bien en rive gauche (Sénégal) qu'en rive droite (Mauritanie). Le travail s'est appuyé sur une synthèse bibliographique, sur des visites de terrain et des entretiens directs réalisés avec des personnes ressources du thème.

Après avoir présenté le contexte de l'étude, nous décrirons les relations existant entre les eaux du fleuve Sénégal et l'élevage. L'évolution de la stratégie des éleveurs au cours des dernières décennies, notamment face aux effets des périodes de sécheresse plus ou moins prononcée et des aménagements hydroagricoles, sera alors abordée. Sur cette base de connaissances, nous nous attacherons à préciser les impacts potentiels sur l'élevage de la gestion des eaux du fleuve Sénégal puis à en dégager des recommandations.

I. L’ELEVAGE DANS LA VALLEE ET LE DELTA DU FLEUVE SENEGAL : CONTEXTE ET SITUATION ACTUELLE

1. Limites de la zone étudiée

Le fleuve Sénégal s’étend sur plus de 700 km de la frontière du Mali à son embouchure. Il marque la limite des territoires du Sénégal (rive gauche) et de la Mauritanie (rive droite) (cf carte). Sur le plan géographique, il est possible de distinguer deux grandes entités : la Vallée (de Bakel à Richard Toll) et le Delta (de Richard Toll à St Louis).

Compte tenu du système d’élevage extensif et généralement transhumant pratiqué dans cette région, il n’est pas possible de réduire notre secteur d’étude uniquement aux zones humides (*waalo*), en liaison directe avec le fleuve – tout au moins pour les effectifs animaux concernés par les ressources (eau et fourrages) de la Vallée et du Delta. Aussi, notre zone d’investigations comprend :

- en rive droite : les régions ou *wilaya* du Trarza (1) (notamment les départements ou *moughataa* de Keur Macène, Rosso et R’Kiz), du Brakna, du Gorgol et de Guidimaka.

- en rive gauche : la région de St Louis (départements de Dagana, Podor et Matam) et le département de Bakel dans la région de Tambacounda.

2. Le milieu physique

** le climat*

Le climat, de type sahélien, comprend trois principales saisons : l’hivernage ou saison des pluies (juillet à octobre), la saison sèche froide (novembre à mars) et la saison sèche chaude (avril à juillet) ou « période de soudure » difficile pour les troupeaux en raison de la raréfaction de la nourriture.

La pluviométrie de la Vallée et du Delta est caractérisée par des pluies faibles, irrégulières (intra et inter annuelles) et réparties sur une courte période entre mi-juillet et mi-octobre. Elles sont de l’ordre de 300 à 400 mm/an dans la Vallée, de 200 à 300 mm/an dans le Delta. Les zones les plus arrosées sont situées en amont du fleuve.

Les températures sont peu variables pendant la saison des pluies mais contrastées entre le jour et la nuit en saison sèche. Les minima sont de 12 à 16°C en saison sèche froide. Les maxima sont autour de 35 à 40°C en saison sèche chaude, voire plus en mai. Les températures augmentent au fur et à mesure que l’on s’éloigne de l’influence océanique, du Delta vers l’intérieur de la vallée.

** les sols*

Le découpage morpho-pédologique peut être présenté sous deux grands ensembles : le *waalo* et le *diéri* avec une zone de transition, dans la vallée, nommée *diediegol*.

Tout d’abord, les cuvettes de décantation, près du fleuve, appelées *hollaldé*, sont de vastes zones dépressionnaires plates et argileuses. Elles forment le *waalo* avec les levées fluvio-deltaïques inondées appelées *fondé*. Notons ici le caractère salé de nombreuses dépressions du *waalo*, notamment en aval (jusqu’à 200 km à partir de l’embouchure). Enfin, le *diéri* correspond à des zones dunaires non inondables.

(1) l’absence de certaines données statistiques de base nous a souvent contraint à considérer la totalité de la région du Trarza alors qu’il aurait été souhaitable de ne considérer que les trois départements précités.

** l'hydrologie*

Le fleuve a un régime tropical caractérisé par une crue de juillet à octobre et un étiage de février à juin. La décrue s'amorce en octobre-novembre et les étiages sont atteints en mai-juin.

Depuis 1968, le fleuve connaît une série d'années très déficitaires, dues à la diminution des pluies dans le haut bassin en zone guinéenne et dans l'ensemble des zones soudaniennes et sahéliennes d'Afrique de l'Ouest. Ces années déficitaires se sont traduites par une moindre extension des inondations et une diminution de la biomasse végétale naturelle (forêts, paturages) et cultivée (cultures de décrue). Afin de lever diverses contraintes, deux barrages ont été construits sur le fleuve dans le cadre de l'OMVS : Manantali en amont (Mali, hydroélectrique, 1988) et Diama en aval (30 km de St Louis, anti-sel, 1986). Il faut souligner qu'avec le barrage de Diama et les endiguements des rives droite et gauche, le relèvement du plan d'eau dans le Delta a sensiblement amélioré les disponibilités en eau de surface, notamment pour l'alimentation des lacs de Guiers (Sénégal) et de R'Kiz (Mauritanie). Par ailleurs, la crue est pour moitié aujourd'hui maîtrisée, le barrage de Manantali étant construit sur le Bafing qui fournit environ 50 % des eaux du fleuve Sénégal (ENDA, 1986). Le Bakoye et la Falémé, qui font la jonction avec le Sénégal en aval du barrage de Manantali, engendrent toujours en saison des pluies une crue d'intensité réduite.

** ressources fourragères : localisation des aménagements hydroagricoles et des zones pastorales (cartes)*

Schématiquement, par les aménagements hydroagricoles qui y ont été conçus, le *waalo* permet l'agriculture irriguée (riz, maraîchage). On y trouve également les cultures de décrue. Pour l'élevage, cette zone est aujourd'hui particulièrement intéressante pour ses parcours post-culturaux, notamment dans le Delta. Les parcours de décrue *(Echinochloa sp., Sporobolus robustus* …) et l'utilisation des zones à gonakiés (*Acacia nilotica*) restent importants dans la Vallée. Il faut également souligner les potentialités en sous-produits agricoles et agro-industriels destinés à l'alimentation animale dont recèle le *waalo*. Ces sous-produits sont variés : pailles (riz, sorgho), sons (riz), fanes (patate douce, niébé, arachide), mélasse (canne à sucre), drèches (tomate). Bien qu'ils soient très diversement utilisés, ils sont essentiels dans l'alimentation des troupeaux en saison sèche. Les cultures fourragères, en revanche, sont quasiment inexistantes.

Le *diéri* a, quant à lui, essentiellement bénéficié de forages à exhaure mécanique, destinés à l'abreuvement des troupeaux. En hivernage, l'agriculture pluviale y est importante (mil, arachide, niébé …). Les pailles et les fanes sont utilisées par les animaux après la récolte. Les parcours herbacés *(Cenchrus biflorus, Aristida sp, Schoenefeldia gracilis* …) sont également abondants et de bonne qualité jusqu'au début de la saison sèche. En saison sèche, seuls les fourrages aériens (*Acacia sp., Balanites aegyptiaca* …) sont disponibles, notamment pour les caprins et les camelins.

Ce dernier point sera développé plus largement dans le second chapitre (II.1.).

3. La population

Nous invitons le lecteur à se référer au rapport « Population » de l'étude générale pour davantage de détails.

** rive droite (Mauritanie)*

Tableau 1 : population dans les régions limitrophes du fleuve Sénégal (Source : Office National de la Statistique – Annuaire statistique de la Mauritanie. Année 1996 – ONS, Service de la conjoncture, mars 1998)

Région		recensement 1988	projection 1996
Trarza	dont	202 596	206 801
	Keur Macène	21 250	21 585
	Rosso	52 501	62 928
	R'Kiz	44 854	45 179
	Méderdra	27 202	22 759
Brakna		192 157	225 531
Gorgol		184 359	211 865
Guidimaka		116 436	141 350
Total des 4 régions		695 548	785 747

D'après le recensement de 1988, la population urbaine s'établissait comme suit :
- 27 783 personnes à Rosso soit 13,7 % de la population du Trarza
- 9 635 personnes à Aleg soit 5,0 % de la population du Brakna
- 30 515 personnes à Kaédi soit 15,9 % de la population du Gorgol
- 11 530 personnes à Sélibabi soit 9,9 % de la population de Guidimaka.

La rive droite du fleuve Sénégal est donc essentiellement rurale. Malgré l'absence de statistiques officielles de la répartition ethnique de la population (tableau 1), il semble que les maures (beydanes et haratines) et les *halpulaars* (peuls et toucouleurs) soient majoritaires. Or il s'agit traditionnellement de peuples d'éleveurs. Ceci laisse supposer qu'une frange très importante de la population mauritanienne riveraine du fleuve Sénégal est impliquée dans l'élevage. Elle est probablement supérieure à celle directement concernée par les cultures irriguées.

** rive gauche (Sénégal)*

Tableau 2 : population rurale et urbaine dans la Vallée du fleuve Sénégal (Sources : Direction de la Prévision et de la Statistique – Recensement général de la population de 1988 ; Annuaire des Statistiques de la Vallée du Fleuve Sénégal – Ed 1995/1996 – SAED)

Département		1988	1996
Dagana	population rurale	56 744	98 889
	population urbaine (1)	179 541	312 896
	total Dagana	236 285	411 785
Podor	population rurale	88 237	153 775
	population urbaine (2)	16 100	28 058
	total Podor	104 337	181 833
Matam	population rurale	109 059	190 062
	population urbaine (3)	12 864	22 419
	total Matam	121923	212 481
Bakel	population rurale	30550	53 240
	population urbaine (4)	7 959	13 871
	total Bakel	38 509	67 111
Total	population rurale	284 590	495 966
	population urbaine	216 464	377 245
	TOTAL	501 054	873 211

(1) Communes de St Louis, Richard Toll et Dagana
(2) Communes de Podor et Ndioum
(3) Commune de Matam
(4) Commune de Bakel

Le tableau 2 présente le recensement de la population de 1988 (DPS, 1988) et une estimation réalisée en 1996 (SAED, 1997). On constate une augmentation sensible de la population en 8 ans, avec un taux d'accroissement de l'ordre de 2 % par an.

Le groupe majoritaire est l'ethnie *halpulaar* (peuls et toucouleurs), traditionnellement tournée vers l'élevage, en particulier dans les départements de Podor et de Matam puisqu'elle y représente 90 % de la population, soit plus de 60 % du total de la Région de St Louis. Dans le département de Dagana où l'urbanisation et la culture irriguée sont les plus développées, les wolofs forment environ les 2/3 de la population. Enfin, dans le département de Bakel, les Soninkés sont les plus nombreux.

En raison de l'importance démographique des *halpulaars* dans la Région de St Louis, il n'est pas surprenant de noter que 75 % de la population avaient comme première ou seconde activité l'élevage (DPS, 1988). En gardant ce taux inchangé pour 1996, on peut par conséquent considérer que 650 000 personnes sont directement intéressées par cette activité sur le rive gauche du Sénégal. A titre de comparaison, ce nombre est sensiblement supérieur à celui des personnes impliquées dans la culture irriguée, estimé en 1996 sur la même zone à 500 000 personnes (SAED, 1997).

4. Le cheptel

Nous nous intéresserons ici essentiellement aux ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) et aux camelins en raison de leur importance numérique et de l'interaction entre ces productions animales et la gestion de l'eau du fleuve (1).

Comme nous l'avons constaté précédemment, le sud de la Mauritanie et le nord du Sénégal, zones riveraines du fleuve Sénégal, sont traditionnellement des régions d'élevage. Les chiffres qui sont présentés dans ce paragraphe ne feront que confirmer l'importance, sociale et économique, de cette activité majeure.

** rive droite (Mauritanie)*

La Vallée et le Delta du fleuve Sénégal représentent respectivement pour les bovins, les petits ruminants (ovins et caprins) et les camelins 33 %, 44 % et 23 % du cheptel national (FAO, 1993). La figure 1 et le tableau 3 présentent les effectifs animaux des régions riveraines du fleuve Sénégal. Ils montrent l'importance numérique des troupeaux de petits ruminants (ovins et caprins) comparativement aux bovins et aux camelins, notamment dans le Brakna et le Gorgol.

Il persiste néanmoins une grande incertitude sur les données concernant les petits ruminants et les camelins, pour lesquels il n'existe pas de recensement ni même de campagne de vaccination (base de l'estimation des effectifs bovins). En outre, il n'est pas possible de discerner les ovins des caprins.

Dans la région du Trarza, selon les agents du Service de l'Elevage de Rosso, les effectifs bovins seraient en 1998 de 15 000, 25 000 et 37 000 têtes respectivement dans les départements de Rosso, R'Kiz et Keur Macène. Ils seraient de 100 000 têtes dans toute la région. Ce chiffre est sensiblement supérieur à l'estimation de 65 000 têtes proposée dans le tableau 3 d'après les données du DRAP (1997) et de la FAO (1993).

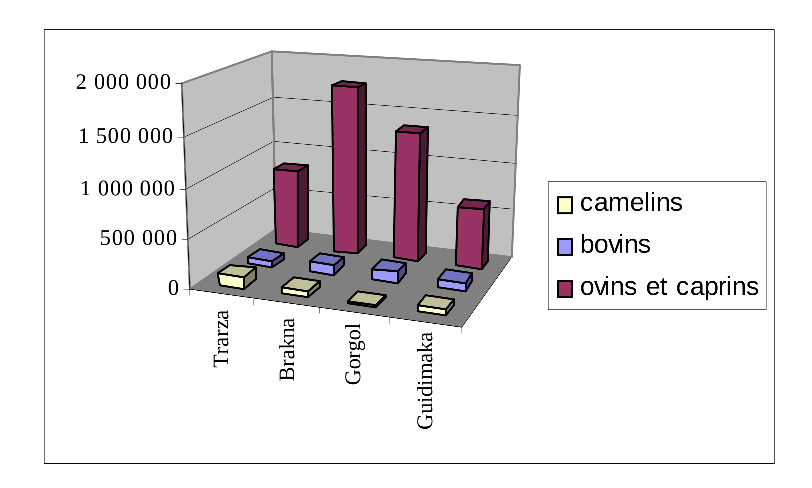


Figure 1 : effectifs (nombre de têtes) par espèce dans les régions du Trarza, du Brakna, du Gorgol et de Guidimaka (d'après DRAP (1997) et FAO (1993)).

(1) **Avertissement** : compte tenu de la méthode de recensement utilisée, basée principalement sur le nombre d'animaux vaccinés par les Services de l'Elevage, et de la difficulté d'obtenir des données exactes en système extensif et transhumant, il faut rester prudent quant à la fiabilité des effectifs présentés dans ce paragraphe, notamment en rive droite.

** rive gauche (Sénégal)*

La Vallée et le Delta du fleuve Sénégal représentent respectivement pour les bovins, les petits ruminants et les camelins 25 %, 21 % et 41 % du cheptel national (Direction de l'élevage, 1997). La figure 2 présente les effectifs par espèces et par département. Il faut souligner l'importance quantitative des départements de Podor et de Matam par rapport à celui de Dagana. Les ovins sont majoritaires dans le département de Matam alors que les effectifs en ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) sont sensiblement égaux dans le département de Podor.

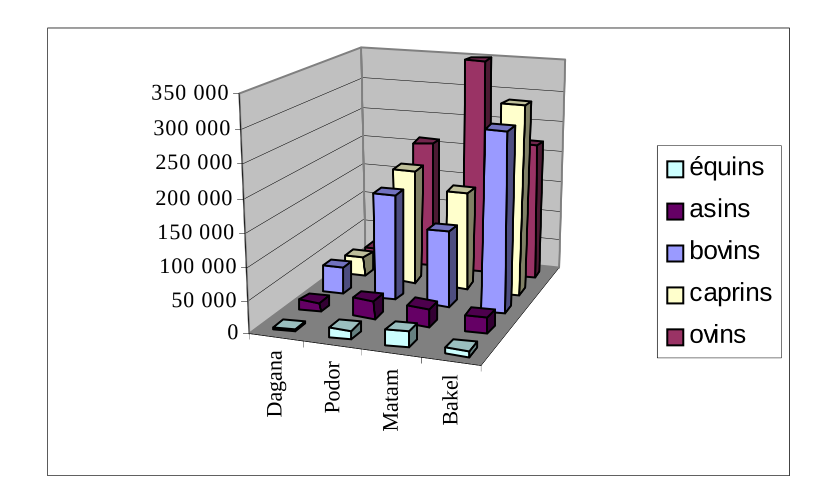


Figure 2 : effectifs (nombre de têtes) par espèce dans les départements de Dagana, Podor, Matam et Bakel en 1997 (Source : Service de l'Elevage et Direction de l'Elevage, 1997)

Notons également que, côté sénégalais, les camelins ne représentent que quelques centaines de têtes dans chacun des départements. La volaille est en revanche une production développée avec 600 000 animaux estimés en 1997 dans la Région de St Louis (Service de l'Elevage, non publié, 1998). Néanmoins, elle est actuellement indépendante de la gestion des eaux du fleuve, notamment en ce qui concerne les moyens de production et les intrants majoritairement importés (poussins, aliments, produits vétérinaires …).

5. Les productions animales

Comme dans le paragraphe précédent, nous nous focaliserons ici essentiellement sur les productions bovines, ovines, caprines et camelines : viande, lait, cuirs (bovins) et peaux (petits ruminants).

Nous devons par ailleurs attirer à nouveau l'attention du lecteur sur les difficultés d'obtenir des données fiables dans ce domaine. Par conséquent, nous devons rester prudents quant à leur interprétation.

Dans ce paragraphe, nous n'aborderons pas l'importance de la fumure ni de la traction animale pour lesquelles les statistiques sont trop partielles.

** rive droite (Mauritanie)*

Tableau 3 : effectifs et potentiel de production des troupeaux des régions du Trarza, du Brakna, du Gorgol et de Guidimaka (d'après DRAP (1997) et FAO (1993)(*))

Région	Trarza	Brakna	Gorgol	Guidimaka
effectifs (nombre de têtes)				
bovins	64 860	97 290	108 000	86 480
ovins et caprins	826 560	1 756 440	1 343 160	619 920
camelins	122 540	66 840	11 140	55 700
potentiel de production de viande (en t/an)				
bovins	973	1 459	1 622	1 297
ovins et caprins	3 100	6 587	5 037	2 325
camelins	1 985	1 083	180	902
potentiel de production de lait (en t/an)				
bovins	7 822	11 733	13 037	10 429
ovins et caprins	2 480	5 269	4 029	1 860
camelins	22 167	12 091	2 015	10 076
potentiel de production de cuirs et de peaux (en unités/an) (**)				
bovins	6 486	9 729	10 810	8 648
ovins et caprins	206 640	439 110	335 790	154 980
camelins	11 029	6 016	1 003	5 013

(*) d'après FAO (1993), la répartition des effectifs selon la région est respectivement pour les bovins, les petits ruminants et les camelins de 6, 8 et 11 % pour le Trarza, 9, 17 et 6 % pour le Brakna, 10, 13, 1 % pour le Gorgol et 8, 6 et 5 % pour Guidimaka par rapport au total mauritanien.
(**) le potentiel exploitable des cuirs et peaux est estimé à partir d'animaux abattus pour la consommation en Mauritanie, soit 56 % du total des bovins commercialisés, 79 % des petits ruminants et 70 % des camelins.

Les filières de production sont relativement mal organisées à l'exception notable de l'usine de collecte de lait de Rosso dépendant de « La Laitière de Mauritanie ». Sa capacité de collecte est de 20 000 l lait /j. Néanmoins, la collecte actuelle est de l'ordre de 9 000 à 10 000 litres de lait par jour dont les ¾ sont du lait de vache. Le dernier ¼ est essentiellement constitué de lait de « chamelle », la production de lait de chèvre étant à ce jour symbolique. Sur l'année, cela représente un total de 3,5 à 4 milliers de tonnes de lait. Ce chiffre représente près de la moitié du potentiel du Trarza en lait de vache d'après les données du tableau 3.

Il faut noter également que l'ensemble des cuirs et peaux collectés en rive droite (hors circuits artisanaux) le sont par la Société de Gestion des Abattoirs du Sénégal. En l'absence de tannerie en Mauritanie, le traitement est donc effectué au Sénégal.

** rive gauche (Sénégal)*

Sur la rive sénégalaise, la filière lait est informelle, en ce qui concerne la production locale. L'autoconsommation, le don ou le troc de lait sont développés. Les études en cours (Corniaux, PSI-Sénégal, 1999) donneront probablement une idée plus fiable des volumes et des circuits de commercialisation dans le Delta. Dans l'attente de ces résultats, il est possible de donner une estimation de la production potentielle de lait de vache avec les hypothèses

suivantes : (1) 25 % des animaux du troupeau sont des vaches laitières en production, (2) chaque animal en lactation produit 500 à 600 kg lait / an.

Tableau 4 : Estimation de la production potentielle de lait de vache et de viande bovine dans la région de St Louis et le département de Bakel.

Département	Dagana	Podor	Matam	Bakel
Effectifs bovins (*)	43 000	167 050	120 000	280 790
Vaches en lactation	10 750	41 500	30 000	70 200
Production de lait (en milliers t/an)	5.4 à 6.5	21 à 25	15 à 18	30 à 35
Production de viande bovine (**) (en t/an)	645	2 500	1 800	4 200

(*) d'après les données de l'Inspection Régionale de l'Elevage (1997) pour Dagana, Podor et Matam, de la Direction de l'Elevage (1997) pour Bakel.
(**) sur la base d'un taux d'exploitation de 10 % (Tourrand, 1993) et d'un rendement carcasse de 50 % (poids vif à l'abattage de 300 kg).

Contrairement aux idées reçues, la production de lait n'est pas négligeable quand on la compare aux importations de produits laitiers dans la Région de St Louis estimée en 1998 à 21.6 mille tonnes (GERCOM, com. pers., 1999).

La filière viande est elle aussi informelle, à l'exception des abattages contrôlés présentés dans les figures 3 et 4. Elles montrent une variabilité interannuelle pour les abattages des petits ruminants (chèvres et moutons) et une relative stabilité des abattages bovins depuis le début des années 1990. Les effectifs abattus de façon contrôlée sont relativement faibles et probablement très inférieurs à la réalité (tableau 4), notamment pour les petits ruminants sacrifiés lors des fêtes religieuses. A titre d'exemple, en 1996, ces abattages représentaient en poids « carcasse » pour la Région de St Louis environ 800, 150 et 200 tonnes respectivement pour les bovins, les ovins et les caprins (d'après DIREL, 1997). Enfin, l'importation de viande semble limitée dans la zone si l'on excepte toutefois les achats d'animaux sur pied en provenance des autres régions du Sénégal, de la Mauritanie et du Mali.

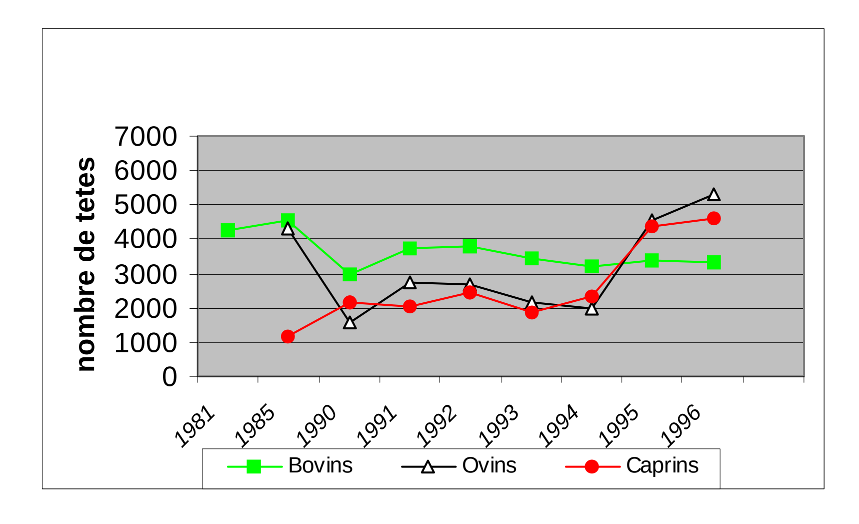


Figure 3 : abattages contrôlés à St Louis (commune)

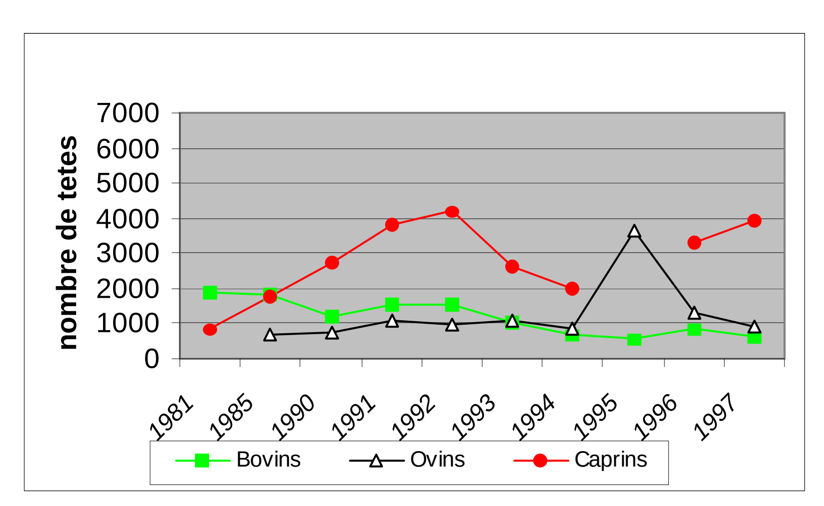


Figure 4 : abattages contrôlés à Podor

Enfin, la filière « peaux et cuirs » est intimement liée à la filière des abattages contrôlés. Elle est relativement « discrète ». A titre d'exemple, le nombre de peaux relevé en 1998 à l'abattoir de la commune de St Louis est de 2 578, 6 554 et 4 895 respectivement pour les cuirs de bovins, les peaux d'ovins et de caprins (SOGAS, non publié, 1999).

II. EAUX DU FLEUVE SENEGAL ET ELEVAGE : RELATIONS

1. Ressources fourragères et alimentation des animaux

L'élevage des ruminants domestiques et des camelins est globalement de type extensif dans notre zone d'étude (cf chapitre III.). Dans les conditions sahéliennes, l'alimentation y est la contrainte majeure (Corniaux, 1998a ; Tourrand, 1993 ; Détoubab, 1995). Cette alimentation est basée sur l'alternance et la complémentarité de :

- l'utilisation de pâturages communautaires de *diéri* (pâturages d'hivernage) de bonne valeur alimentaire d'août à octobre mais dépendants de la pluviométrie
- afin d'éviter les transhumances longues et contraignantes, l'utilisation, en saison sèche, de la végétation sur les zones de *waalo* inondées par la crue du fleuve (parcours de décrue, parcours post-culturaux, cultures fourragères, végétation arborée) dépendante de l'ampleur de la crue et de l'articulation avec les autres activités du waalo (cultures de décrue, périmètres irrigués).

La gestion des eaux du fleuve par les ouvrages (barrages, endiguement, périmètres) a essentiellement un impact sur l'extension des crues et donc de la biomasse végétale disponible pour l'élevage dans les zones de *waalo*. Dans ce paragraphe, nous allons nous intéresser par conséquent prioritairement à ces derniers.

** définition*

Nous définirons comme « pâturages » l'ensemble des espaces libres utilisés pour l'alimentation des animaux ou susceptibles de l'être (Détoubab, 1995). Ces espaces comprennent :

- les pâturages naturels ou parcours du bétail qui constituent l'ensemble des espaces libres naturels traditionnels destinés à la pâture des animaux, généralement propriété de l'Etat,
- les jachères ou espaces cultivables laissés au repos ou non exploités,
- les pâturages artificiels post-culturaux constitués par les restes de sous-produits agricoles (pailles, fanes …), par les repousses et adventices éventuelles ainsi que par les espaces herbacés séparant les champs,
- les prairies artificielles aménagées pour la production de fourrages.

Ces différents types de pâturages, principale ressource fourragère en système extensif, seront décrits ici. Toutefois, nous signalerons également l'importance des sous-produits agricoles et agro-industriels utilisables dans les rations des animaux.

** ressources fourragères liées à la décrue du fleuve*

- parcours de décrue, bourgoutières (1), abords des mares temporaires et forêts à gonakiés

Traditionnellement, ces parcours ont toujours participé à l'équilibre fourrager des systèmes d'élevage liés au fleuve Sénégal, en fournissant aux troupeaux, de retour des pâturages du *diéri* exploités en hivernage, une alimentation riche et abondante en saison sèche. Au cours des trente dernières années, la sécheresse, la construction des barrages, l'endiguement du fleuve et le développement des aménagements hydro-agricoles ont totalement bouleversé cet équilibre spatio-temporel (cf III). Dans cette évolution, la sécheresse a davantage touché la Vallée en réduisant la crue et les surfaces inondées. Les pâturages « naturels » du Delta sont toutefois les plus affectés en raison de l'ampleur des aménagements liés au développement de la riziculture. Les parcours de décrue restent toutefois une ressource importante comparativement aux autres ressources fourragères pâturables. En outre, ils sont majoritaires dans la Vallée (figure 5, tableau 7). Ils sont

particulièrement présents autour des lacs (Guiers, R'Kiz, Aleg, Mâl) et des grandes cuvettes non aménagées (Trois Marigots, Ndiaël, Djoudj, forêts à gonakiés de la vallée …).

Directement liés à la crue du fleuve, les parcours sont conditionnés par la hauteur de cette dernière. Comme pour la crue, et en dépit de sa régularisation par les barrages, ils sont donc sujets à des variations annuelles conséquentes. C'est pourquoi, la gestion des eaux du fleuve permettrait probablement de stabiliser cette ressource fourragère. En Mauritanie, des lâchers d'eau en avril permettent d'ailleurs de remettre en eau certaines zones du Delta et autour du Gorgol afin de favoriser les repousses d'herbes avant la fin de la saison sèche.

(1) par bourgoutière, on entend la formation graminéenne d'excellente valeur fourragère, inféodée aux terrains argileux peu ou pas salés, subissant l'alternance d'inondation / exondation (Peyre de Fabrègues et Besse, 1994). Les espèces constitutives majeures sont *Echinochloa stagnina* et *Vossia cuspidata*. On les rencontre essentiellement dans le Delta en rive droite (zone du Gouère, cuvette d'*El Wessa'a*).

- parcours post-culturaux

Les parcours post-culturaux de décrue concernent essentiellement l'utilisation des pailles sur pied de sorgho et de maïs, après récolte des grains (février-mars). Ils sont développés dans la Vallée et plus spécifiquement dans les départements de Matam et de Podor (tableau 6). La coupe des pailles est fréquente également quand elle est destinée aux élevages de case, qui concernent généralement les moutons. Le stockage se fait alors dans des greniers édifiés dans de nombreuses concessions du *waalo* de ces deux départements. Sur la rive droite de la Vallée, les chaumes de riz, de mil, de sorgho et de maïs ainsi que les fanes de patates douces et de niébé sont également régulièrement coupés et distribués à l'auge, notamment dans la région de Kaédi.

Comme pour les parcours « naturels » de décrue, leurs surfaces varient considérablement d'une année à l'autre. Cela mériterait également, à l'avenir, une meilleure gestion des crues, d'autant qu'une activité traditionnelle agricole en dépend.

** ressources fourragères liées à l'irrigation*

- parcours post-culturaux (céréales : riz, sorgho et maïs)

Ils sont essentiellement issus de la culture du riz et sont particulièrement développés dans le Delta (tableau 6, cartes 2 et 3). Après la récolte, les animaux, généralement les bovins, entrent dans les casiers pour y exploiter la paille, les repousses de riz et les adventices. Ainsi, les troupeaux pénètrent dans les périmètres en janvier-février, après la récolte d'hivernage, et en juillet-août, après la récolte de contre-saison. Dans le Delta, cette ressource est donc très importante pour les éleveurs en début et en fin de saison sèche (Tourrand, 1993 ; Corniaux, 1998a).

Malgré la législation en place (décret 80-268 au Sénégal, ordonnance 83-127 du 5 juin 1983 en Mauritanie), ce pâturage est souvent source de conflits entre les éleveurs et les agriculteurs, sur des terres qui étaient autrefois des lieux de transhumance traditionnelle en saison sèche. Les éleveurs reprochent généralement aux agriculteurs une occupation anarchique de l'espace sans références à leur activité ancestrale. Ces derniers accusent en revanche le bétail de divagation, de destruction des diguettes et des canaux ou encore de transport de semences d'adventices par le biais des déjections. En outre, l'accès à ces pâturages est parfois interdit par la construction d'aménagements hydro-agricoles. Le développement de la double culture sur certains grands périmètres jouent également en défaveur des parcours post-culturaux en raison d'un calendrier cultural qui réduit fortement le temps de pâture possible. La paille est alors brûlée quasiment de façon systématique.

A ces parcours, notons que vient s’ajouter l’utilisation régulière par les troupeaux des fourrages naturels disponibles le long des canaux. Bien que quantitativement modestes, ils peuvent participer à la survie des animaux en période de soudure.

- sous-produits agricoles et agro-industriels (SPAI)

Liés aux productions agricoles, les SPAI sont particulièrement importants sur la rive gauche où des filières se sont organisées. Il s’agit des sous-produits du riz (son et farine, 25 000 ha), de la canne à sucre (mélasse, 6 700 ha), de la tomate (drèches, 1 200 ha) et de fanes de culture (arachide, patates douces, niébé). Le Delta du fleuve est le plus riche en ces sous-produits compte tenu du développement important de ces cultures irriguées dans cette zone (carte).

Les quantités produites (tableau 5), leur qualité et surtout leur utilisation par les troupeaux de la Vallée et du Delta du fleuve Sénégal sont cependant très variables en fonction des types de SPAI considérés (Corniaux et Diallo,1998b). A titre d’exemple, la mélasse de la CSS à Richard Toll est quasi totalement exportée et n’est pas utilisée par les animaux de la zone. Les drèches de tomates sont en revanche exploitées en priorité par les riverains de l’usine de Savoigne (SOCAS), en raison des faibles quantités disponibles et de la politique de l’usine. Le son de riz est plus communément utilisé par les éleveurs, notamment en période de soudure ou pour des animaux en production (embouche ou lait). L’utilisation de sous-produits en dehors de la fin de la saison sèche est d’ailleurs plus systématique dans le Trarza (Mauritanie) où la production laitière est organisée autour de l’usine de collecte de lait de Rosso.

Tableau 5 : potentiel de production en sous-produits agricoles et agro-industriels en rive gauche de la Vallée et du Delta du fleuve Sénégal

	Type de Sous-produits	Dagana (1) (en t MF/an)	Podor (en t MF/an)	Matam (en t MF/an)	Bakel (en t MF/an)	**Total**
EN IRRIGUE (*)	paille de riz	60 500	18 800	4 100	1 600	85 000
	son de riz artisanal	12 500	3 900	850	330	17 580
	son de riz industriel	550	150	35	0	735
	farine de riz	1 950	600	130	0	2 680
	drèches de tomates	190	0	0	0	190
	mélasse de canne	35 000	0	0	0	35 000
	fanes d'arachide (***)	14	249	?	?	
	fanes de niébé	600				600
	fanes de patates	2 100				2 100
	paille de sorgho	0	650	1 600	750	3 000
	paille de maïs	20	1 100	750	200	2 070
EN DECRUE (**)	fanes d'arachide	?	?	?	?	?
	fanes de niébé		0	0	250	250
	fanes de patates		380	1 200	700	2 280
	paille de sorgho	1 900	9 500	39 000	0	50 400
	paille de maïs	10	0	4 200	5 000	9 210

MF : Matière Fraîche
(*) d'après SAED/DPDR, Banque de Données, 1995-96 (SAED, 1997).
(**) d'après Inspection Régionale de l'Agriculture (96-97)
(***) cultures en bordure du lac de Guiers non comprises
(1) d'après Corniaux et Diallo (1998b) pour les sous-produits du riz, de la tomate et de la canne à sucre (hivernage 97 à hivernage 98)

En rive gauche, faute de statistiques fiables, nous n'estimerons ici que les sous-produits issus du riz (en tonnes/an):

Type de sous-produits	Trarza	Vallée
Paille de riz	50 000	15 000
Son artisanal	2 800	500
Son industriel	3 200	6 400
Drêches de tomates	0	0
Mélasse de canne	0	0

d'après GLG Consultants, Sonader (1998)

- cultures fourragères

Faute d'organisation des filières de productions animales (lait notamment), les cultures fourragères sont quasiment inexistantes en rive gauche du fleuve (tableau 6). En revanche, on constate une émergence certaine dans le Delta en rive droite. Ceci est lié à l'intensification du système d'élevage accompagnant la structuration de la filière lait autour de l'usine de collecte de Rosso. Le contexte actuel (dévalorisation de la monnaie locale face au Fcfa) est par ailleurs défavorable à l'importation massive de sous-produits agricoles en provenance du Sénégal (tourteaux d'arachide, son de riz) pour à l'alimentation des vaches laitières. Les cultures fourragères, en substitution à ces sous-produits, deviennent par conséquent économiquement viables. De plus, elles apparaissent comme une alternative à la monoculture du riz.

** synthèse des ressources fourragères*

A. surfaces pâturables

Les tableaux 6 et 7 ainsi que la figure 5 présentent les potentialités des différents types de surfaces pâturables du *waalo* en rives gauche et droite, décrites ci-dessus.

Tableau 6 : inventaire par département des ressources fourragères pâturables potentielles (en ha) en rive gauche du fleuve Sénégal (zone du *waalo*)

Type de ressources	Dagana	Podor	Matam	Bakel	Total
Parcours de décrue, mares temporaires, forêts à gonakiés (*)	19 000 ha (1)	39 650 ha (2)	24 000 ha (2)	?	?
Casiers aménagés non exploités	25 137 ha (3)	7 978 ha (3)	4 340 ha (3)	813 ha (3)	38 268
Parcours post-culturaux					
- riz (en irrigué)	16 394 ha (3)	5 376 ha (3)	1 178 ha (3)	457 ha (3)	23 405
- sorgho, maïs (en irrigué)	8 ha (3)	888 ha (3)	1 168 ha (3)	480 ha (3)	2 544
- sorgho, maïs (en décrue)	969 ha (4)	4 783 ha (4)	21 561 ha (4)	4 539 ha (4)	31 852
Cultures fourragères	ε	ε	0	0	ε
Total (en ha)	61 508 ha	58 675 ha	52 247 ha	?	

(*) dont les forêts classées
(1) Tourrand (1993), hors Parc du Djoudj
(2) GERSAR / PDRG (1990)
(3) SAED/DPDR, Banque de Données, 1995-96 (SAED, 1997)
(4) Inspection Régionale de l'Agriculture de St Louis, année 1996-97

Signalons ici que les données relatives aux parcours post-culturaux de décrue sont relevés dans le tableau 6 pour la campagne 1996-97 et ne peuvent pas être considérées comme une moyenne interannuelle. Nous proposons au lecteur de se référer au rapport sur les cultures de décrue pour de plus amples détails.

Figure 5 : inventaire par département des ressources fourragères pâturables potentielles (en ha) en rive gauche du fleuve Sénégal (zone du *waalo*)

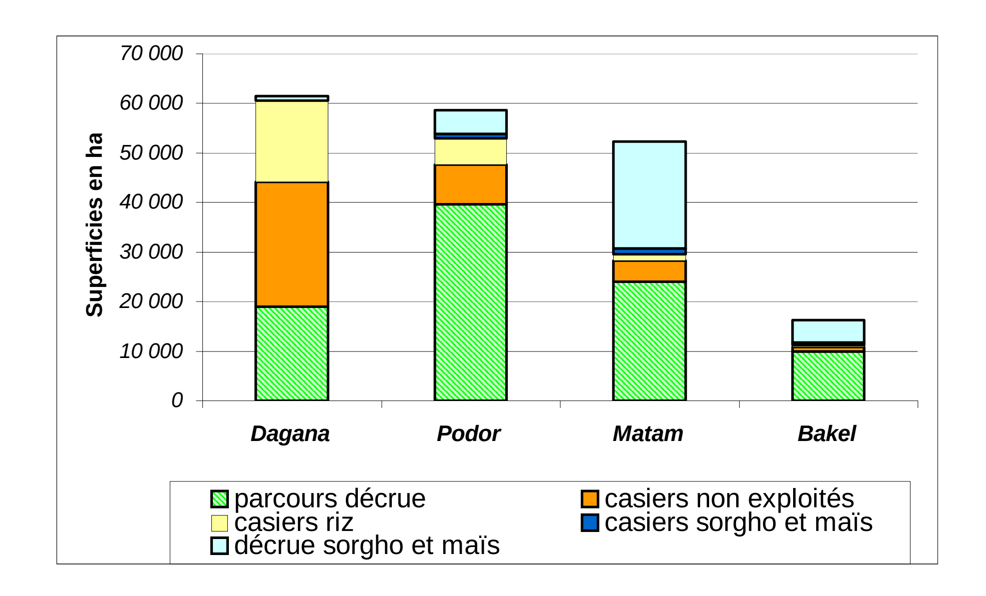


Tableau 7 : inventaire par département des ressources pâturables potentielles (en ha) en rive droite du fleuve Sénégal (zone du *waalo*)

	Trarza	Brakna	Gorgol	Guidimaka	Total
Potentiel irrigable (FAO, 1995)	47 300	49 700	38 300	8 200	137 400 ha
Parcelles aménagées (SONADER, 1994)	28 603	4 200	7 458	500	40 261 ha (*)
Parcelles cultivées (SONADER, 1998 ; campagne 96/97)	13 600	--------------------- 3 825 --------------------			17 425 ha
Potentiel de décrue (FAO, 1995)	18 000	19 100	25 000	4 000	66 100 ha
Potentiel forêts (FAO, 1995)	8 500	9 000	4 500	2 500	24 500 ha
Cultures fourragères	démarrage	ε	ε	0	ε
TOTAL (**)	55 100 ha	32 300 ha	37 000 ha	7 000 ha	

(*) en 1998, elles sont estimées à 45 000 ha d'après la SONADER
(**) parcelles aménagées + potentiel forêts + potentiel de décrue + cultures fourragères

Le potentiel de décrue estimé dans ce tableau par la FAO (1995) nous paraît surévalué (66 100 ha) dans la mesure où il ne prend en compte que les cultures. Une donnée de l'ordre de 40 000 ha nous semble plus proche de la réalité (y compris les parcours pastoraux de décrue, tels que les bourgoutières). Nous invitons le lecteur à se référer au rapport spécifique sur les cultures de décrue pour mieux appréhender cette évaluation.

B. Potentiel fourrager et potentiel productif

Le tableau 8 présente une estimation du potentiel fourrager du *waalo* déterminé à partir des tableaux 6 et 7. Nous nous sommes ici volontairement limités au potentiel lié directement à la décrue (l'irrigué et les sous-produits agro-industriels ne sont pas comptabilisés). Nous

avons en effet voulu évaluer le nombre de bovins, animaux les plus présents dans cette zone, capables de passer la saison sèche (janvier à juillet) sur ces ressources alimentaires. On parlera donc ici essentiellement de besoins d'entretien du cheptel. Pour les besoins de production, on pose comme hypothèse que les pâturages de *diéri* en hivernage et les sous-produits du riz et agro-industriels, voire les achats d'aliments du bétail (tourteau d'arachide dans le Delta mauritanien, « jarga » en rive gauche), y subviennent.

Sur la base d'une année de crue moyenne (1996-97), le tableau 8 montre que 250 000 à 300 000 bovins peuvent passer la saison sèche sur les ressources de décrue en rive gauche et 150 000 à 200 000 en rive droite. Traduit en termes de productions animales, cela correspond sur une année à un troupeau laitier fournissant 55 à 60 tonnes de lait frais (*) et 45 000 têtes abattues (**). Avec un prix du lait frais variant de 300 à 350 Fcfa et le prix du vif de 75 000 à 100 000 Fcfa, le chiffre d'affaires (CA) induit est donc respectivement de 3.5 à 4.5 millions de KFcfa pour le lait et de 17 à 20 millions de KFcfa pour la viande. On peut facilement comparer ce chiffre d'affaires à celui du riz dans toute la Vallée où, avec 50 000 ha cultivés, on peut espérer un CA de l'ordre de 20 millions de KFcfa. Les charges en Elevage étant sensiblement plus faibles que celles de la riziculture, il est par conséquent facile de considérer l'importance économique de l'élevage dans la Vallée et, en corollaire, le rôle très important du maintien d'une crue artificielle pour l'ensemble des éleveurs de la zone.

(*) avec comme hypothèse, 25 % de vaches laitières dans un troupeau et 500 kg lait/vache par lactation

(**) avec un taux d'exploitation de 10 % du troupeau.

Type de resssources	**Dagana**			**Podor**			**Matam**			**Bakel**			**Rive gauche**
	surface	potentiel	nb têtes	surface	potentiel	nb têtes	surface	potentiel	nb têtes	surface	potentiel	nb têtes	**total nb têtes**
Rive gauche (Sénégal)	(en ha)	(en t MS)	en SC	(en ha)	(en t MS)	en SC	(en ha)	(en t MS)	en SC	(en ha)	(en t MS)	en SC	**en SC**
Parcours de décrue, mares temporaires, forêts à gonakiés	19 000	47 500	43 182	39 650	99 125	90 114	24 000	60 000	54 545	?	?	?	**187 841 (hors Bakel)**
Casiers aménagés non exploités	25 137	12 569	11 426	7 978	3 989	3 626	4 340	2 170	1 973	813	406.5	370	**17 395**
Parcours post-culturaux - sorgho, maïs (en décrue)	969	1 938	1 762	4 783	9 566	8 696	21 561	43 122	39 202	4 539	9 078	8 253	**57 913**
Sous-total (charge permise)			**56 370**			**102 436**			**95 720**			**?**	
	Trarza			**Brakna**			**Gorgol**			**Guidimaka**			**Rive droite**
	surface	potentiel	nb têtes	surface	potentiel	nb têtes	surface	potentiel	nb têtes	surface	potentiel	nb têtes	**total nb têtes**
Rive droite (Mauritanie)	(en ha)	(en t MS)	en SC	(en ha)	(en t MS)	en SC	(en ha)	(en t MS)	en SC	(en ha)	(en t MS)	en SC	**en SC**
Potentiel de forêts	8 500	21 250	19 318	9 000	22 500	20 455	4 500	11 250	10 227	2 500	6 250	5 682	**55 682**
Potentiel de parcours post-culturaux de décrue	18 000	36 000	32 727	19 100	38 200	34 727	25 000	50 000	45 455	4 000	8 000	7 273	**120 182**
Sous-total (charge permise)			**52 045**			**55 182**			**55 682**			**12 955**	

Tableau 8 : Estimation du nombre de bovins pouvant pâturer en saison sèche (SC)* le potentiel fourrager du *waalo* issu d'une crue artificielle ** (hors cultures irriguées et sous-produits agricoles et agro-industriels)

(*) : de janvier à juillet ; (**) : données estimées à partir des cultures de décrue de l'année 1996-97 en rive gauche et du potentiel estimé par la FAO (1995) en rive droite (cf tableaux 6 et 7) ; MS : Matière Sèche

Le potentiel fourrager est estimé comme suit : 2,5 t MS/ha/an pour les parcours de décrue ou les forêts, 2 t MS/ha/an pour les parcours post-culturaux de maïs ou de sorgho, 0.5 t MS/ha/an pour les casiers aménagés non exploités.

Le pâturage des bovins est réparti sur toute la saison sèche (SC, 7 mois) sur la base d'une consommation de 5 kg MS/tête/j (ITEB, 1989), soit 1.1 t MS/tête pour les 7 mois.

2. Eaux du fleuve et abreuvement des animaux

Nous nous intéresserons ici essentiellement aux ressources en eau localisées dans le *waalo* en raison de leur diversité et de leur relation directe avec le fleuve.

** ressources en eau pour l'abreuvement des troupeaux*

Les ressources en eau pour l'abreuvement des troupeaux sont variées dans le *waalo*. Le fleuve et ses principaux défluents et affluents représentent toute l'année des points d'eau répartis sur toute la vallée et le delta (cartes 2 et 3). Il en est de même pour les canaux des aménagements hydro-agricoles particulièrement denses en aval. Mais, paradoxalement, si cette ressource est présente toute l'année et quasiment sur l'ensemble du *waalo*, elle est également difficilement accessible pour les animaux. D'abord, parce que les aménagements agricoles ont rarement tenu compte des pistes à bétail, ce qui a de fait coupé l'accès aux points d'eau du fleuve. Ensuite parce qu'en période de culture, la présence des troupeaux est interdite dans les périmètres irrigués, localisés le long du fleuve. Enfin, parce que même en dehors des périodes de culture, l'arrivée de troupeaux près des aménagements pour l'abreuvement est source de conflits avec les agriculteurs, au même titre que pour l'utilisation des parcours post-culturaux. Enfin, lorsque l'accès est permis, il est parfois dangereux pour le bétail en raison des berges relativement abruptes dans la vallée (Détoubab, 1995).

Aussi, les éleveurs ont souvent recours à d'autres points d'abreuvement. Il s'agit des mares temporaires et des marigots qui ont été alimentés en eau par les pluies d'hivernage et/ou la crue du fleuve. Le réseau est complexe et est l'objet actuellement d'études sur leur importance spatio-temporelle. Quoiqu'il en soit, cette ressource s'épuise au cours de l'année pour disparaître progressivement en saison sèche. En outre, la stagnation de l'eau, l'apport éventuel d'eaux de drainage et les remontées de sel, surtout en aval, augmentent considérablement les risques sanitaires en cas d'utilisation.

Par ailleurs, sur le *diéri*, le maillage des forages à exhaure est insuffisant notamment dans le département de Dagana, le *ferlo* de Matam et en Mauritanie, ce qui rend difficile l'exploitation de vastes espaces pâturables.

** complémentarité avec l'alimentation*

Si la recherche de points d'eau apparaît aux dires des éleveurs comme beaucoup moins problématique que la recherche de nourriture (Corniaux, 1998a), de nombreux problèmes persistent tels que leur accès, la gestion de leur qualité ou la densité trop faible de forages dans le *diéri*. Il faut également être conscient de la nécessité pour l'éleveur de trouver en même temps (1 journée) et en un même lieu (rayon de quelques dizaines de km) de l'eau et du fourrage pour ses animaux. Toute la stratégie d'occupation de l'espace par l'éleveur découlera de cette bonne adéquation qu'il devra gérer au quotidien et sur l'année (transhumances courtes et longues).

C'est à ce niveau que nous devons d'ailleurs insister sur la complémentarité du *diéri* (en hivernage) et du *waalo* (en saison sèche) qui peuvent offrir aux troupeaux eau et nourriture sur un cycle annuel.

3. Aspects sanitaires et vétérinaires

S'il existe un impact de l'eau du fleuve clairement identifié comme négatif pour l'élevage, il s'agit bien des problèmes sanitaires qu'engendrent la présence de plans d'eau, plus ou moins stagnants, disséminés tout au long du *waalo*. Ils représentent en effet un excellent milieu de développement pour les parasites et autres organismes pathogènes ou leurs vecteurs (en premier lieu, les moustiques). L'homme et l'animal sont d'ailleurs menacés au même titre.

La zone la plus sensible est le Delta en raison notamment de son réseau hydrographique complexe, de la construction du barrage de Diama et de l'ampleur des aménagements hydro-agricoles. Ainsi, des plans d'eau sont persistants toute l'année (soutien des étiages) et représentent un milieu extrêmement favorable à la multiplication d'agents pathogènes et des moustiques. En outre, certains d'entre eux reçoivent des eaux de drainage chargées en sel, en engrais et en pesticides (lac de Guiers …). Il faut noter qu'à ce jour aucune étude de grande ampleur n'a été menée sur ce thème afin de mesurer les teneurs exportées en ces différents éléments ou substances chimiques et d'évaluer les risques pour le bétail. Néanmoins, à certaines périodes de l'année, les éleveurs abandonnent certains sites, tels que le Noar (Delta, rive gauche), réputés dangereux (risques d'empoisonnement) lors de l'abreuvement des troupeaux. Le Delta est également évité par les éleveurs en hivernage à cause de la prolifération des moustiques. Cela coïncide aussi avec le déplacement vers le *diéri* proche pour l'exploitation des parcours d'herbes vertes. Pourtant, malgré les risques sanitaires et le manque à gagner qu'ils représentent, certains éleveurs ne quittent pas la zone. Il s'agit en particulier des éleveurs bovins de Keur Macène (Mauritanie) qui trouvent dans la cuvette d'*El Wessa*'*a* un pâturage gratuit et un lieu d'écoulement aisé de leur production de lait vers l'usine de collecte de Rosso.

S'ils sont moins cruciaux que dans le Delta, les problèmes sanitaires existent également dans la Vallée. On y relève le même type de maladies parasitaires (trématodoses) telles que la distomatose, la paradistomatose, la bilharsiose et la tériose. Elles touchent toutes les espèces mais les moutons sont particulièrement sensibles (douves du foie). Depuis la mise en eau des barrages, on assiste également à la réapparition d'anciennes maladies telles que la shistosomose (Consere, 1997). Des foyers de la fièvre de la vallée du Rift ont par ailleurs été relevés en rive droite et une épidémio-surveillance est depuis lors mise en place en rive gauche.

L'incidence de ces maladies parasitaires se ressent essentiellement en termes de perte de poids ou de mortalité chez les animaux touchés. Le déficit en production laitière est toutefois réel et important pour le Delta en rive droite. La prévalence peut atteindre des taux très élevés (62 % pour la distomatose ovine survenue en bordure du lac de Guiers). Le manque de personnel vétérinaire sur le terrain ne permet d'ailleurs pas, actuellement, d'endiguer significativement toute épizootie.

III. IMPACTS DE LA SECHERESSE ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES SUR L'ELEVAGE

1. Situation avant 1970

Le Delta et la Vallée du fleuve Sénégal étaient originellement une région dévolue quasi exclusivement à l'élevage extensif (Audru, 1966). Ce dernier, pratiqué par les peuls et les maures, exploitait en saison sèche les abondants parcours de décrue libérés par le retrait des eaux du fleuve Sénégal, et pendant l'hivernage, les pâturages du *diéri* pourvus en cette saison d'un tapis graminéen de qualité.

Ainsi, pour ceux résidant le long du fleuve, les maures blancs (*Beïdanes*) étaient essentiellement des pasteurs et commerçants transhumant, les haratines des bergers qui pratiquaient l'agriculture pluviale et de décrue. Les *halpulaars* associaient élevage transhumant et agriculture pluviale et les wolofs étaient avant tout des agriculteurs ou des pêcheurs (Jamin, 1986a).

Mais la situation de l'Elevage tout au long de la vallée du fleuve Sénégal a été profondément modifiée au cours des trente dernières années. Cette évolution est bien sûr étroitement liée à la sécheresse qui sévit depuis 1972 et plus particulièrement en 72-73 et 83-84, ainsi qu'au développement des cultures irriguées et des aménagements hydro-agricoles qui les ont accompagnées (barrages, digues, canaux …) (Tourrand, 1993). Mais, bien d'autres facteurs expliquent ces changements notoires. Il s'agit notamment :

- de la mise en place de forages à exhaure dans le *diéri* depuis les années 50
- de l'installation de parcs nationaux (réserves de faune et de flore) et de forêts classées
- des modifications du droit foncier sur les terres de parcours et de cultures pluviales
- du développement d'un tissu agro-industriel pourvoyeur de sous-produits agricoles utilisables dans l'alimentation du bétail
- de la mise en place récente d'un réseau de collecte de lait (Delta, rive droite)
- des évènements tragiques frontaliers de 1989.

Tous ces facteurs, souvent interconnectés, ont agi ou agissent encore sur une évolution plus ou moins rapide de la stratégie des éleveurs de la Vallée du fleuve Sénégal. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons néanmoins qu'aux aspects directement liés à la gestion de l'eau : les sécheresses et les aménagements hydro-agricoles, qui sont probablement les deux éléments majeurs et moteurs de cette évolution.

2. Effets de la sécheresse

Depuis plusieurs décennies, la pluviométrie dans le Sahel a été nettement affectée par des épisodes de sécheresse plus ou moins sévères. Ils l'ont été particulièrement en 1972-73 et 1983-84 dans la région du fleuve Sénégal.

Ces sécheresses ont touché de plein fouet les cheptels de la zone, en diminuant d'abord et avant tout le potentiel fourrager : peu de parcours d'hivernage, limitation des parcours de décrue (naturels ou post-culturaux), pas ou peu de cultures pluviales. Ainsi, Santoir (1992) rapporte que les pertes en bovins du *Galodjina*, à l'ouest du lac de Guiers, s'élevèrent à 60 % des effectifs totaux de 1972 à 1973. Tourrand (1993) note une baisse de 30 % des troupeaux ovins et caprins du Delta, en rive gauche, entre 1965 et 1985. Dieng (1984) considère que les troupeaux bovins et de petits ruminants ont été réduits respectivement de près de 50 % et de 25 % au cours de la sécheresse de 1972-73 dans la région du fleuve (rive gauche). Entre 1982 et 1984, les mortalités par sous-nutrition représenteraient près de la moitié de cette réduction alors que la vente et les abattages en constitueraient environ le tiers (Tourrand, 1993). Le

restant serait à mettre sur le compte des migrations. En effet, face à cette sécheresse, tous les éleveurs n'ont pas adopté la même stratégie. D'abord certains d'entre eux ont migré. C'est notamment le cas de pasteurs peuls qui se sont, par la suite, établis dans le Ferlo (Santoir ; Tourrand, 1993). D'autres se sont tournés vers les réserves fourragères, en stockant notamment les pailles de riz (Jamin, 1986b). D'autres enfin, inféodés aux forages à exhaure du *diéri*, et ayant par conséquent perdu leurs capacités de mobilité face à ce type d'évènements, ont été souvent durement touchés (Santoir, 1992). Certains sont d'ailleurs allés grossir le nombre de migrants urbains. Parallèlement à ces aléas climatiques, le développement de la riziculture et des structures agro-industrielles a également amené des éleveurs, généralement peuls, à se tourner résolument vers l'agriculture irriguée ou vers une activité salariée (ex : CSS de Richard Toll), c'est-à-dire vers la sédentarisation (Santoir, 1993 ; Tourrand, 1993).

Si tous les éleveurs n'ont pas été affectés au même titre, les espèces animales se sont également comportées différemment face à la sécheresse. Ainsi, comme nous venons de l'indiquer, les bovins ont été particulièrement sensibles alors que les chèvres et les dromadaires ont pu échapper plus facilement au déficit fourrager par leur physiologie et leur comportement alimentaire (utilisation des ligneux fourragers).

La baisse très nette de la pluviométrie a également perturbé gravement les cultures en pluvial, traditionnellement pratiquées par les peuls, et l'équilibre pastoral entre le *diéri* et le *waalo*. La valeur fourragère des parcours d'hivernage a en effet été notablement réduite. Quelques espèces pérennes et annuelles ont disparu et le surpâturage de certaines zones, autour des forages ou dans les forêts classées, couplé aux pratiques des charbonniers, a entraîné une diminution qualitative et quantitative des ressources pastorales, même si elle n'est pas obligatoirement irréversible (Boudet, 1989 ; Salem-Murdock et al, 1994). C'est pourquoi la compétition pour les pâturages et l'eau est devenue plus intense aujourd'hui, notamment entre les troupeaux des nomades ou des transhumants du *diéri* lointain et ceux des sédentaires ou des éleveurs du proche *diéri*. Cette situation peut bien sûr être propice à la multiplication de conflits entre éleveurs et agriculteurs. Ainsi, en Mauritanie, des dromadaires ont causé des dégâts énormes aux cultures tout le long du fleuve (Frankenberger et al, 1986). Beaucoup de troupeaux nomades ont pénétré plus loin dans le sud mauritanien (régions du Gorgol et de Guidimaka), où l'on trouve désormais les animaux en transhumance, en quête de pâturages. Des éleveurs du *diéri* de Matam ou de Podor laissent également divaguer certains animaux dans le *waalo* en saison sèche.

Les répercussions durables sur les effectifs sont toutefois limitées. Le déstockage effectué pendant les sécheresses a en effet épargné au mieux les femelles et les jeunes, assurant ainsi un redressement rapide des effectifs, sachant que le taux d'exploitation est faible (période de capitalisation). Et si certains éleveurs avaient, dans un premier temps, privilégié les troupeaux de petits ruminants, plus résistants, le ratio avec les bovins se rééquilibre aujourd'hui (Tourrand, 1993 ; Santoir, 1996 ; Corniaux, 1998a et c). Il n'en reste pas moins que l'élevage de case, et prioritairement de moutons, s'est sensiblement développé dans le *waalo*, marque d'un élevage intensifié relativement indépendant des aléas climatiques (Santoir, 1996).

3. Effets des aménagements hydro-agricoles

En trente ans, l'aménagement des terres et le développement des cultures irriguées ont eu des répercussions considérables sur l'économie agricole du *waalo*, sur l'organisation sociale du monde rural et sur l'espace pastoral traditionnel (ENDA, 1986 ; Jamin, 1986b ; Tourrand, 1993). Nous nous focaliserons ici essentiellement sur ce troisième point.

Compte tenu des surfaces potentiellement aménageables (cf II.2.), le Delta est la zone la plus concernée par ces changements. Le grand bouleversement de la physionomie du *waalo* fut provoqué par la construction, entre 1961 et 1964, de la digue périphérique ceinturant le Delta. Depuis 1969, des pompes couplées aux ponts barrages permettent le remplissage des défluents même lorsque la crue est faible. Les aménagements rizicoles ont suivi et se poursuivent actuellement, même si les politiques en rives droite et gauche s'orientent davantage aujourd'hui vers une réhabilitation des aménagements plutôt que vers leur extension. La mise en fonction des barrages de Diama (1986) et de Manantali (1989) a permis de disposer d'eau douce pour l'irrigation tout au long de l'année. Parallèlement à la mise en place des casiers rizicoles, il faut également noter que les infrastructures routières ont favorisé le désenclavement de nombreuses zones du *waalo* et l'implantation de villages pionniers.

Les effets négatifs pour l'élevage induits par ces aménagements sont nombreux. Ils sont d'ailleurs systématiquement rappelés par les éleveurs qui regrettent amèrement la non-prise en compte, jusqu'à un passé récent, de leur activité traditionnelle dans les plans d'occupation et d'affectation des sols. Ces effets négatifs sont les suivants :

- la réduction sensible des parcours de décrue. Elle résulte soit de l'assèchement d'anciennes zones inondées (Ndiaël en rive gauche) ou de l'occupation des terres par les cultures irriguées. Le Delta est particulièrement concerné par cette transformation. Ainsi, on peut estimer que sur 110 000 ha de parcours naturels de décrue, il ne reste plus que 10 000 ha de mangroves, 7 000 ha sur la berge ouest du lac de Guiers et 2 000 ha dans les cuvettes de *Ngalam* et *Mengueye* (Tourrand, 1993 ; GERSAR, 1990*)*. La multiplication de champs irrigués, notamment pour la production de patates douces, tout au long de la bordure ouest du lac de Guiers tend d'ailleurs depuis 5 à 10 ans à isoler les cuvettes de *Malla* et de *Djilmet* (Corniaux, 1998a) dont l'accès est de plus en plus problématique.
- l'augmentation des problèmes sanitaires (cf II.3.), la prolifération des moustiques tout au long de l'année et la multiplication des plantes semi-aquatiques telles que les cypéracées, les typhas et autres roseaux *(Typha australis, Phragmites vulgaris*) rarement appétées par le bétail. Ces plantes ont tendance, depuis la mise en fonction du barrage de Diama, à se substituer aux parcours de *Sporobolus* sp. et d'*Echinochloa* sp. (bourgoutière) en raison d'inondations prolongées et de la suppression des crues salées (Peyres de Fabrègues, 1994).
- la limitation ou l'interdiction des accès au fleuve, aux points d'eau ou aux parcours après l'installation des casiers rizicoles, des digues et des canaux.
- la concurrence exacerbée pour l'utilisation de terres affectées à des agriculteurs, généralement non originaires de la région du fleuve. Cette concurrence génère des situations conflictuelles latentes ou déclarées entre les éleveurs transhumant et les agriculteurs. Les décisions de justice prises généralement en faveur des agriculteurs ne font d'ailleurs que développer un sentiment de spoliation exprimé par les éleveurs (Détoubab, 1995).

Néanmoins, des points positifs viennent nuancer cette vision pessimiste de l'impact des aménagements hydro-agricoles sur l'élevage. Il s'agit notamment de :

- la disponibilité croissante en sous-produits agricoles et agro-industriels (cf II.2.) utilisables en alimentation animale. Dans la zone irriguée, les principaux sous-produits sont issus de la culture du riz (paille et son), de la canne à sucre (mélasse) et de la tomate (drèches). Dans le Delta, les potentialités de production en SPAI viennent nettement compenser le déficit en parcours de décrue (Jamin, 1986b). Ainsi, chaque année, 1 hectare de riz fourni environ 4 tonnes de paille et 600 à 900 kg de son, voire le double si l'agriculteur mène une campagne de contre-saison (Corniaux, 1998b). Or un parcours de décrue a une productivité de l'ordre de 3 tonnes/ha/cycle (Peyres de Fabrègues, 1994). En terme fourrager,

les sous-produits agricoles issus des cultures irriguées ont donc un grand intérêt d'autant qu'ils permettent de s'affranchir des variations climatiques inter annuelles. Mais, si le potentiel est important, même si il est actuellement moindre comparativement au début des années 1990 (Corniaux, 1998b), l'utilisation des sous-produits *in situ* n'est pas acquise. D'abord parce qu'il faut payer pour les obtenir ou louer les parcours (rive droite et dans la vallée en rive gauche), alors que dans le système traditionnel l'accès était gratuit. Ensuite, la mélasse de canne à sucre est quasiment totalement exportée et les pailles de riz sont encore régulièrement brûlées par les agriculteurs (notamment dans le Delta en rive gauche). En revanche, le son de riz produit au Sénégal est parfois exporté dans le Delta en rive droite pour y nourrir les vaches laitières.

- la possibilité de pratiquer des crues artificielles. Ce type de lâchers pour provoquer une repousse des prairies naturelles est plus courant en rive droite (dans le Delta ou le Gorgol).

- la professionnalisation de certains secteurs de l'élevage. Dans le sillage des autres producteurs de la zone, les éleveurs se sont souvent regroupés en GIE (Groupements d'Intérêt Economique), ce qui leur permet d'avoir accès aux crédits. Beaucoup d'opérations d'embouche ont ainsi pu être financées (Tourrand, 1993). Des magasins d'alimentation pour le bétail ou de produits vétérinaires ont également pu voir le jour. Il faut néanmoins reconnaître un tassement certain de cette professionnalisation dans le secteur de l'élevage aujourd'hui, à l'exception notable de la région de Rosso-Mauritanie et de son marché organisé autour de la filière laitière. Il entraîne, de fait, l'organisation des circuits des sous-produits agricoles (y compris ceux de la rive gauche…).

- le désenclavement du *waalo* suite à la construction d'infrastructures routières. La zone est ainsi accessible toute l'année, sauf localement en hivernage. Les circuits de vente des produits animaux s'organisent donc plus aisément aujourd'hui.

Enfin, il faut bien sûr évoquer la situation de sédentarisation de certains éleveurs, généralement peuls. Il est difficile de juger s'il s'agit d'un effet positif ou négatif des aménagements hydro-agricoles. Quoiqu'il en soit il est clair que ce phénomène a un impact certain sur l'organisation sociale de ces groupes de population, de leur perception du foncier et de leur utilisation de l'espace pastoral, basée autrefois sur la transhumance (Santoir, 1993).

4. Vers une nouvelle stratégie des éleveurs

Comme précisé précédemment, de nombreux facteurs ont influencé l'évolution des comportements des éleveurs dans la vallée du fleuve depuis une trentaine d'années, même si la sécheresse et le développement de la culture irriguée restent des aspects déterminants. Aussi, il est difficile de dégager des généralités dans cette évolution tant les contextes peuvent être différents. Néanmoins, une typologie sommaire peut être proposée selon les critères ethniques et géographiques. Nous laissons au lecteur la possibilité d'avoir davantage de précisions en se référant à Jamin (1986b), Tourrand (1993) et Corniaux (1998a) pour les éleveurs du Delta du fleuve Sénégal en rive gauche, Santoir (1993) pour les éleveurs de la Vallée en rive gauche, Jamin et Tourrand (1986a) pour les éleveurs du Gorgol, Frankenberger (1986) pour les éleveurs de la rive droite, Peyre de Fabrègues (1994) et Gueye (1995) pour les éleveurs du Delta en Mauritanie.

Dans le Delta, au Sénégal, l'ampleur des aménagements hydro-agricoles est considérable, y compris sur la bordure ouest du lac de Guiers. Les peuls, pour qui l'élevage reste une activité prioritaire, se sont ainsi souvent impliqués dans la riziculture, et presque toujours dans un schéma d'utilisation des parcours post-culturaux. Ainsi, contrairement à la vallée, ils ont pour la plupart abandonné la transhumance longue au profit de transhumances

courtes qui visent à exploiter au mieux les ressources du *waalo* et du *diéri* au cours d'une année. Chez les wolofs, l'élevage du mouton de case est quasi généralisé. Il semblerait que la capitalisation ou l'embouche de bovins soit également de plus en plus pratiquée. Après les évènements sénégalo-mauritaniens, l'élevage maure a considérablement régressé. Le cheptel semble toutefois avoir été récupéré par les peuls du *waalo* (Tourrand, 1993).

Dans la Vallée, en rive gauche, les peuls du *diéri* pratiquent toujours la transhumance longue et ont peu d'interactions avec le fleuve. Les peuls du *waalo* exploitent en revanche à la fois les parcours d'hivernage du *diéri* et les parcours, naturels et post-culturaux, du *waalo*. Les peuls *sares* sont en revanche sédentarisés. Leur système d'exploitation ressemble à celui des toucouleurs avec une forte implication dans l'agriculture (irriguée et de décrue). L'utilisation et le stockage des sous-produits agricoles sont fréquents.

Dans le Delta, en Mauritanie, l'existence d'un marché structuré et fonctionnel du lait a incité depuis dix ans les éleveurs (maures et peuls) à intensifier leur élevage en utilisant systématiquement des sous-produits agricoles et agro-industriels en complément des parcours naturels ou post-culturaux. Afin de pouvoir vendre leur lait toute l'année, ces éleveurs se sont également sédentarisés le long des voies de communication.

Enfin, dans la Vallée, en rive droite, l'élevage nomade maure reste très extensif mais plus concentré dans les départements du Gorgol et de Guidimaka. Des espèces comme la chèvre et le dromadaire y ont fait leur apparition en masse depuis les épisodes de sécheresse. L'élevage des caprins est également très développé. Les haratines et les toucouleurs, tout comme au Sénégal, se sont sédentarisés et pratiquent généralement un élevage de case affouragé par les résidus de culture. La vente de sous-produits ou la location des terres après récolte aux éleveurs nomades est par ailleurs de plus en plus courante.

Tout ceci traduit non pas une disparition de l'élevage face aux aménagements hydro-agricoles, tel que certains l'avaient prévu (ENDA, 1986), mais une adaptation raisonnée aux nouvelles conditions de production. On constate globalement une intensification de l'élevage : sédentarisation de certains éleveurs, utilisation de SPAI, production de lait, embouche ovine, capitalisation. Elle reste toutefois modeste à l'échelle de la vallée du fleuve Sénégal où l'élevage est toujours mené de façon relativement extensive. En outre, tant que des marchés rémunérateurs des produits animaux (lait, viande, cuirs) ne seront pas structurés, il est probablement illusoire de prêcher pour un élevage intensif ou pour une association réelle avec l'agriculture dans la vallée du fleuve Sénégal. A ce titre, l'expérience menée par La Laitière de Mauritanie est exemplaire. Elle montre la faculté des éleveurs (maures et peuls notamment) à adapter rapidement (10 années) leur système d'élevage vers un système productif et spéculatif, alors que bien des observateurs peu avertis considèrent leurs animaux comme simple capital ou, pire, comme « objet de contemplation ».

Cette évolution révèle également, et une nouvelle fois, la complémentarité entre ressources du *waalo* et du *diéri*. L'intégration agriculture élevage s'inscrit d'ailleurs davantage à ce niveau de terroir plutôt qu'au niveau de la parcelle. En effet, même chez des producteurs qui sont à la fois éleveurs et agriculteurs (riziculteurs), hormis pour les animaux de case, la tendance consiste à séparer ces deux activités dans l'espace et le temps, souvent d'ailleurs pour éviter des conflits. En revanche, l'équilibre des ressources se vérifie à l'échelle du terroir.

IV. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. Synthèse des situations en fonction des départements

Le tableau 9 présente une synthèse des tableaux et figures qui illustrent ce document. Simplificateur, il ne reprend qu'imparfaitement la variété et la complexité des situations rencontrées tout au long du fleuve Sénégal. Le lecteur devra par conséquent se reporter aux tableaux sources, notamment au tableau 8, ou aux données bibliographiques référencées correspondantes pour avoir une idée plus précise et plus juste de la réalité des faits.

A partir de ces situations contextuelles, de la bibliographie consultée et des nombreux entretiens obtenus sur le terrain, nous avons pu cerner les impacts potentiels de la gestion des eaux du fleuve Sénégal depuis une trentaine d'années sur l'Elevage, tout au long de la vallée. Leur identification s'exprime cependant essentiellement en termes qualitatifs. Les données quantitatives fiables sont relativement rares. Dans ces conditions, il serait probablement présomptueux de vouloir proposer des plans de gestion des eaux dans l'avenir proche (scénarios selon les besoins des différents types d'animaux et selon la zone visée). En revanche, il faudra bien tenir compte des besoins des éleveurs dans ce domaine, en raison de l'importance de leur activité dans la vallée.

Aussi, dans la suite de ce chapitre, nous proposons des études complémentaires à réaliser afin d'atteindre l'objectif d'un plan de gestion, qui prendrait raisonnablement en compte l'activité Elevage. Ensuite, nous présentons les recommandations, sur des bases généralement qualitatives, pour une complémentarité optimale entre la gestion des eaux du fleuve Sénégal et l'Elevage, notamment dans le *waalo*.

Tableau 9 : synthèse (principales caractéristiques) des situations en fonction des départements le long de la vallée du fleuve Sénégal.

Région		**pluviométrie annuelle**	**population en 1996**	**animaux (spécificités)**	**ressources fourragères dans le waalo**	**ressources en eau pour l'abreuvement**	**conditions sanitaires**
Mauritanie							
	Trarza (Delta)	150-250 mm	210 000	vaches laitières dromadaires	parcours post-culturaux Bourgoutières, SPAI	nombreuses, parfois accès limité manque de forages	critiques en hivernage mauvaises toute l'année
	Brakna	150-250 mm	225 000	nombreux caprins et ovins	parcours de décrue forêts à gonakiés	manque de forages sur le *diéri* berges abruptes	mauvaises en hivernage
	Gorgol	250-350 mm	210 000	petits ruminants (chèvres)	parcours de décrue forêts à gonakiés	manque de forages sur le *diéri*	mauvaises en hivernage
	Guidimaka	300-400 mm	140 000	tous types dromadaires	forêts à gonakiés	manque de forages sur le *diéri* berges abruptes	mauvaises en hivernage
Sénégal							
	Dagana (Delta)	150-250 mm	410 000	bovins ovins de case	parcours post-culturaux SPAI	nombreuses mais difficiles d'accès ou qualité médiocre	difficiles toute l'année problèmes avec les eaux de drainage
	Podor	150-250 mm	180 000	petits ruminants ovins de case bovins	parcours post-culturaux parcours de décrue forêts à gonakiés	nombreuses, parfois accès limité, berges abruptes	mauvaises en hivernage
	Matam	250-350 mm	215 000	nombreux ovins	parcours de décrue forêts à gonakiés	manque de forages sur le *diéri* berges abruptes	mauvaises en hivernage
	Bakel	300-400 mm	70 000	bovins nombreux caprins	parcours de décrue	manque de forages sur le *diéri* berges abruptes	mauvaises en hivernage

2. Etudes complémentaires nécessaires

Ces études ont une importance inégale en fonction de l'objectif recherché. Néanmoins, si nous devons définir des priorités, il semble judicieux de s'investir dans :

- une estimation fiable ou, mieux, un recensement sérieux des effectifs animaux en fonction de leur localisation et de leur mode d'alimentation ou de conduite. Le travail est ébauché en rive gauche (Service Régional de l'Elevage, études spécifiques) et très incomplet en rive droite.
- une zonation des espaces. Ce travail est en cours. La SAED possède un SIG (Système d'Informations Géographiques) très riche pour le *waalo* des départements de Dagana et de Podor et en cours d'élaboration pour ceux de Matam et Bakel. Le Bureau des Affaires Foncières (Mauritanie) possède également de nombreuses informations, surtout au niveau du Delta en rive droite. Notons enfin que l'OMVS élabore son propre SIG qui présentera le gros avantage de combiner les informations des deux rives.
- une évaluation du remplissage des dépressions pendant la crue. Ce travail est en cours et est pris notamment en charge par l'équipe IRD de P. Vauchel (Dakar, Hann). Des études plus ciblées ont par ailleurs été effectuées, en particulier dans le Delta (Gouère : Peyre de Fabrègues, 1994 ; Ndiaël : Mbengue, 1999).

Ensuite, il sera nécessaire de s'attacher à mieux comprendre l'utilisation de l'espace par les éleveurs en axant nos efforts sur les transhumances courtes et longues (effectifs concernés, localisation, niveaux de prises de décision), sur l'établissement de POAS (Plan d'Occupation et d'Affectation des Sols) en collaboration avec les autorités locales (Communautés Rurales …). Pour obtenir des données précises sur la gestion des eaux, il ne sera en effet pas possible de faire l'économie d'un travail relativement fin au niveau de chaque cuvette ou périmètre irrigué. Les relations sociales entre les différents acteurs de la vallée devront d'ailleurs être traitées à ce niveau.

3. Recommandations de gestion

Dans l'état actuel des connaissances, nos recommandations seront qualitatives. Comme nous l'avons précisé ci-dessus, les données bibliographiques quantitatives sont à ce jour trop sommaires pour permettre de proposer un programme d'actions précises dans le temps et dans l'espace. En outre, il est nécessaire de s'investir dans des études fines de terrain avant de prendre toute décision d'aménagement du terroir. A ce titre, le travail actuel du PSI-Sénégal est exemplaire dans sa démarche auprès de la Communauté Rurale de Ross Béthio, qui pourrait disposer sous peu d'un véritable Plan d'Occupation et d'Aménagement des Sols (d'Aquino, 1998).

Il est probablement illusoire, voire économiquement absurde, de vouloir à tout prix garder des zones exclusives pour un élevage extensif peu productif dans des zones à fortes potentialités agricoles et, d'autant plus, lorsque ces terres se prêtent à un aménagement irrigable en zone sahélienne. Mais il n'est pas moins vrai qu'il est politiquement dangereux d'ignorer totalement les activités d'élevage, et par conséquent toute une frange d'une population qui en dépend, sous prétexte que cette activité semble moins rentable que les productions irriguées. Des conflits très sérieux émergent en effet inévitablement de ce qui est ressenti par les éleveurs comme une spoliation de leurs terres au profit exclusif des agriculteurs (Détoubab, 1996).

Or, le recul par rapport à l'expérience du Delta le prouve, l'aménagement hydro-agricole poussé d'une zone traditionnellement vouée à l'élevage n'entraîne pas inéluctablement la disparition de ce dernier, contrairement aux prévisions pessimistes de certains auteurs (ENDA, 1986). L'importance socioculturelle, religieuse et économique (capital) de cette activité est en effet primordiale aussi bien en Mauritanie qu'au Sénégal, quelle que soit l'ethnie considérée. De plus, la faculté d'adaptation de ces éleveurs est indéniable (Jamin, 1986 b ; Tourrand, 1993 ; Santoir, 1996). Dans un système qui reste globalement extensif, sauf pour l'élevage de case, on assiste ainsi à une intensification de certaines pratiques qui permettent l'intégration, au niveau d'un terroir, des activités Elevage et Agriculture. Encore faut-il favoriser les comportements positifs pour une meilleure complémentarité entre les ressources du *diéri* et celles du *waalo*. C'est d'ailleurs malheureusement souvent le non respect de ces quelques règles qui ont généré ou qui entraîne encore des situations conflictuelles entre des acteurs qui cherchent à valoriser au mieux et à leur profit les ressources offertes par les zones riveraines du fleuve Sénégal.

Aussi nos recommandations s'orientent essentiellement vers une préservation ou une amélioration des ressources pour l'élevage (fourrages, eau) issues d'une gestion directe ou indirecte des eaux du fleuve Sénégal, en adéquation avec les autres activités de la vallée.

a. maintien d'une crue artificielle pour l'agriculture de décrue et la sécurisation de la production fourragère du *waalo*.

Cette mesure vise essentiellement la Vallée du fleuve et permettrait probablement un équilibre plus durable des activités agriculture irriguée - agriculture de décrue - élevage (Lapeyronie, 1975 ; GERSAR, 1990 ; Salem-Murdock, 1994 ; AGRER, 1994). En effet un arrêt brutal de la crue artificielle entraînerait probablement des perturbations socio-économiques graves. Le développement de la culture irriguée pourrait, à moyen terme, représenter une alternative possible, au moins partielle, comme elle l'a été dans le Delta. Cependant, les ressources fourragères qu'elle génère risquent d'être difficiles d'accès pour les éleveurs, voire sources de conflit. Il s'agirait par conséquent d'une solution peu satisfaisante pour beaucoup d'éleveurs qui utilisent actuellement les parcours de décrue en saison sèche. Aussi, il nous semble judicieux d'éviter la suppression totale de la crue artificielle.

La maîtrise de la crue offrirait aux animaux un potentiel de fourrages (pâturages naturels ou post-culturaux de décrue) et d'eau pour une bonne partie de la saison sèche, indépendamment de la pluviométrie annuelle. L'équilibre nécessaire entre ressources du *waalo* et celles du *diéri* serait ainsi sécurisé, pour peu que cette mesure n'attire pas davantage d'animaux dans les bas fonds et que l'accès à ces ressources soit garanti. Cela suppose par conséquent une législation consensuelle, respectée sur le terrain (sanctions, informations, personnel d'exécution …). En outre, l'abandon de la crue et l'appauvrissement fourrager du *waalo* entraîneraient une pression accrue sur le *diéri* et une dégradation ouvrant la voie à la désertification. Rappelons enfin que le maintien d'une crue de l'ampleur de celle décrite dans le tableau 8 pourrait permettre, selon nos estimations, le pâturage en saison sèche de 400 à 500 000 bovins, ce qui représente un chiffre d'affaires non négligeable de 20 à 25 millions de KFcfa.

Ce maintien des activités « traditionnelles » est d'ailleurs relativement bien compris, semble-t-il, au niveau des organismes chargés de la mise en valeur des terres agricoles. La SAED (Sénégal), l'AGETA ou la SONADER (Mauritanie) favorisent en effet aujourd'hui davantage la réhabilitation de casiers rizicoles abandonnés plutôt que leur extension sur des terres exploitées actuellement en décrue.

Des embryons d'actions voient même le jour actuellement pour permettre le captage des eaux de crue ou de pluie (Détoubab, 1996). Elles méritent d'être poursuivies.

b. diffusion d'informations anticipées sur l'ampleur et la durée de la crue

La mise à disposition auprès des organisations d'éleveurs ou des services vétérinaires d'informations relatives aux prévisions de l'ampleur et de la durée de la crue artificielle serait une aide précieuse. Elle pourrait en effet orienter les décisions de ces organismes en matières de conseil auprès des éleveurs pour l'utilisation de l'espace (calendrier fourrager à l'échelle des départements) ainsi que pour privilégier des actions de stockage de ressources voire d'achat d'aliment de sauvegarde du bétail pour le passage de la saison sèche.

Cette recommandation est à mettre au même niveau qu'une information météorologique anticipée sur la localisation et l'ampleur des premières pluies.

c. aménagements du *diéri (Ferlo, Aftout Es Saheli …)*

Afin de limiter la pression animale sur les espaces du *waalo*, il est nécessaire de développer sa complémentarité avec le *diéri* en exploitant plus rationnellement les fourrages après la disparition des mares temporaires. C'est en effet le moment où de nombreux troupeaux se déplacent en raison de l'absence de points d'eau. Aussi, plusieurs auteurs s'accordent à demander un développement des forages à exhaure pour les départements de Matam et Bakel (ENDA, 1986 ; Détoubab, 1996), du Brakna, du Gorgol et de Guidimaka (CPA, 1997) et de l'*Aftout Es Sahéli* (Gueye, 1995). La mise en place de pare feux constitue généralement une mesure d'accompagnement.

Afin de maintenir le plus longtemps possible les animaux dans le *diéri* et, ainsi, de mieux valoriser ses potentialités pastorales, les techniciens de la DEAR (Mauritanie) préconisent également le curage (désensablement) autour des lacs d'Aleg et de Mâl. Côté sénégalais, cette idée est reprise mais dans des proportions bien plus ambitieuses pour la remise en eau de la vallée fossile du Ferlo, à partir du lac de Guiers. Cette décision politique, si elle est adoptée, aura des conséquences évidentes, au moins sur un plan quantitatif, sur la gestion de l'eau des réservoirs du fleuve Sénégal.

d. aménagement des berges du fleuve Sénégal ou de ses affluents dans la Vallée.

Même quand l'accès direct au fleuve ou à ses affluents et défluents est possible, il est souvent rendu difficile par des pentes abruptes qui rendent dangereux le déplacement des troupeaux (risques de fractures). Des aménagements sommaires et peu coûteux (travaux de terrassement) pourraient ainsi être proposés (Détoubab, 1996).

e. préservation de zones refuges ou d'aires protégées pour l'élevage dans le *waalo*.

Comme nous l'avons déjà précisé auparavant, il est vain de vouloir préserver un élevage extensif dans une zone potentiellement aménageable pour l'agriculture irriguée. Pourtant, que ce soit en rive droite ou en rive gauche, les autorités locales et nationales ont su prendre des décisions fermes pour sauvegarder certains espaces, notamment pour des raisons environnementales. Nous pensons bien sûr aux Parcs Nationaux (Diawling et Djoudj en premier lieu), mais également aux autres réserves intégrales et surtout aux forêts classées. Les aménagements hydro-agricoles y sont, en principe, interdits (cf cartes). L'élevage y est en revanche toléré avec un accès réglementé, à l'exception des Parcs Nationaux où l'entrée des animaux est strictement interdit. C'est probablement dans ces zones qu'il est possible de développer davantage encore les expériences de gestion de terroirs, qui veulent préserver à la fois la biodiversité de ces terroirs mais également les activités humaines. Une approche participative avec une gestion directe par les acteurs locaux semble la solution la plus durable.

Dans ces conditions il est alors envisageable de gérer également des crues artificielles dans ces dépressions afin de permettre la régénération et la croissance des gonakiés mais aussi de favoriser la pousse de ressources pastorales utilisables selon un calendrier fourrager

préétabli et respecté par les populations riveraines. Certaines de ces actions ont cours dans la Vallée, comme à *Diamandou* (Détoubab, 1996). D'autres sont proposées dans le Delta, en particulier pour une remise en eau du Ndiaël (Diop, 1993), des Trois Marigots (Mbengue, 1999) et de la périphérie du Parc du Djoujd (Corniaux, 1998c), et pour la préservation des bourgoutières du Gouère (Peyre de Fabrègues, 1994). Notons toutefois que, pour ce dernier auteur, l'efficacité d'une remise en eau en termes de repousse de végétation n'est pas prouvée dans de nombreuses situations.

f. délimitation, préservation ou réhabilitation des pistes à bétail.

La préservation des pistes d'accès aux points d'eau ou aux pâturages concerne surtout la Vallée et la bordure du lac de Guiers, alors que la réouverture est limitée au Delta (Djigo, 1992). Lors des aménagements hydro-agricoles passés, il a rarement été tenu compte de ces pistes, pourtant essentielles pour l'abreuvement des troupeaux. Les conflits pour cause de divagation d'animaux dans les casiers se sont alors beaucoup alimenté de cette situation. Afin d'éviter tout problème, il est d'ailleurs recommandé d'aménager les accès avec une ceinture d'arbustes tels que *Prosopis* sp. (Détoubab, 1995).

g. amélioration des conditions sanitaires du cheptel (et des populations)

Le suivi sanitaire de la qualité des eaux de certains réservoirs paraît indispensable, en particulier dans le Delta (lac de Guiers). Il permet ou permettra d'avoir une cellule d'alerte pour les populations ou le bétail.

Plus spécifiquement pour l'activité Elevage, la nécessité de multiplier les agents et les pharmacies vétérinaires sur le terrain est nette. La prise de fonction de vétérinaires privés, surtout au Sénégal, est un phénomène qui doit être encouragé et aidé (facilités administratives et financières pour leur mise en place).

h. développement des cultures fourragères

Cette orientation correspond à une intensification véritable de l'élevage. Cela suppose par conséquent un débouché assuré et rentable pour des productions animales. Cette situation ne se rencontre concrètement, actuellement, que dans le Delta en rive droite avec la filière lait. Toujours à l'état embryonnaire, ces cultures pourraient avoir un essor certain dans les cinq années à venir. En effet, la dépréciation de la monnaie locale face au Fcfa rend les importations de sous-produits agricoles provenant en masse du Sénégal relativement cher, ce qui les met directement en concurrence avec les fourrages implantés. En outre, la technicité des éleveurs a indéniablement progressé ces dernières années, notamment dans le domaine du rationnement des animaux, et certains d'entre eux souhaitent maintenant sécuriser leur exploitation et produire du lait tout au long de l'année (Peyre de Fabrègues, 1994). De plus, les cultures fourragères se substituent généralement au riz et permettent une diversification de la production ou l'occupation de casiers abandonnés (salinité trop importante). Enfin, elles permettent une réelle intégration des activités agriculture et élevage.

Toutes ces recommandations demandent généralement des mesures d'accompagnement notamment en ce qui concerne la sensibilisation et la formation des éleveurs et autres utilisateurs de l'espace. Pour une véritable réussite des différents investissements et actions envisagés, il faudra également plus qu'une formation des éleveurs mais une véritable prise de conscience de leur importance socio-économique dans la Vallée du fleuve Sénégal. Cela les mènera probablement vers la professionnalisation de leur activité, ce qui, de fait, permettra une meilleure prise en compte de leurs souhaits, désirs voire exigences. Il va de soi, également, que ces différentes mesures devront s'accompagner d'un contrôle strict des effectifs ayant accès au *waalo*.

BIBLIOGRAPHIE

AUDRU J. (1966) : Etude des pâturages naturels et des problèmes pastoraux dans le Delta du fleuve Sénégal. Tome 1 : description du milieu, Tome 2 : politique de l'élevage. Doc IEMVT/CIRAD, Paris. 359 p.

AGRER (1994) : Etude macro-économique d'un programme de développement intégré du bassin du fleuve Sénégal. Rapport de synthèse. S.A. AGRER N.V./OMVS, Bruxelles, Belgique, septembre 1994. 50 p.

BOUDET G. (1989) : Connaissance et gestion de l'espace pastoral sahélien. In Audru et al. « Terroirs pastoraux et agro-pastoraux en zone tropicale ». Etudes et synthèses CIRAD-EMVT n°24, Maisons-Alfort. P 1-59.

CONSERE / PRAE (1997) : Avant-projet du plan d'action régional pour l'Environnement. Comité de pilotage, Région de St Louis, Sénégal, mars 1997. 40 p.

CORNIAUX C., CISSOKHO A., d'AQUINO P., SALL C. (1998a) : Caractérisation des systèmes d'élevage dans le Delta du fleuve Sénégal : typologie des élevages et cartographie des mouvements des troupeaux. PSI-Coraf, St Louis, Sénégal. 16 p. et annexes.

CORNIAUX C., DIALLO A. (1998b) : Potentialités de production de sous-produits agricoles et agro-industriels dans la région de St Louis – N°1 : Potentialités de production de sous-produits agricoles et agro-industriels dans le département de Dagana (hivernage 1997 à saison sèche 1998). Bulletin d'informations n°1. PSI-Sénégal et SAED, St Louis, Sénégal, novembre 1998. 10 p.

CORNIAUX C., d'AQUINO P., SALL C. (1998c) : Etude préliminaire sur l'élevage de la zone périphérique du Parc National des Oiseaux du Djoudj. Projet de « Protection et de gestion durable de la zone périphérique du PNOD ». PSI-Sénégal / GTZ, St Louis, Sénégal, février 1998. 19 p. et annexes.

CPA (1997) : Diagnostic de la situation agro-sylvo-pastorale et sanitaire et propositions d'actions à entreprendre. CPA, Nouakchott, Mauritanie, novembre 1996. 67 p. et annexes.

D'AQUINO P. (1998) : Mise au point de plans généraux d'occupation et d'affectation des sols par les collectivités régionales, POAS. PSI-Sénégal, composante « Gestion technique, organisation sociale et foncière de l'irrigation ». Bilan et synthèse des résultats (1996-97). PSI-Sénégal, St Louis, Sénégal. p. 129-132.

DETOUBAB I.G. (1995) : Réalités actuelles du pastoralisme dans le *Walo*. Rapport d'arrivée. PROWALO, St Louis, Sénégal, décembre 1995. 20 p.

DETOUBAB I.G. (1996) : Contribution à l'aménagement pastoral dans le *Walo*. Rapport 1996. PROWALO, St Louis, décembre 1996. 26 p.

DIENG A. (1984) : Utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles le long du fleuve Sénégal (République du Sénégal). Travail de fin d'études, année académique 1983-84. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux (Belgique). 154 p. et annexes.

DIOP A. T. (1993) : Les potentialités pastorales de forêts de gonakiés dans la vallée du fleuve Sénégal : propositions d'aménagements et d'amélioration de la gestion. Projet « Bois de villages et reconstitution des forêts classées de gonakiés ». PROGONA / DEFCSS / Ministère de l'Environnement, Dakar, Sénégal, juillet 1993. 60 p.

DIREL (1998) : Les statistiques de l'Elevage au Sénégal – Année 1997. Direction de l'Elevage, division des études et de la programmation, Dakar, Sénégal, juin 1998. 67 p.

DJIGO S.A. (1992) : Projets de bois de villages et de reconstitution de forêts classées de gonakiés – Etudes préliminaires du département de Matam, études socio-économiques de base. Rapport final. FAO / PROGONA, St Louis, Sénégal. 40 p.

DPS (1988) : Recensement Général de la Population et de l’Habitat de 1988. Direction de la Prévision et de la Statistique. Dakar, Sénégal.

DRAP (1997) : Rapport d’activités trimestrielles. E. Clua, DRAP, Nouakchott, Mauritanie.

ENDA (1986) : Enjeux de l’après-barrage : vallée du Sénégal. *Eds* Engelhard et Ben Abdallah. ENDA et Coopération française. La Documentation Française, France. 632 p.

FAO (1993) : Développement de l’élevage en Mauritanie. Rapport de synthèse, Ministère du Développement Rural et de l’Environnement, Nouakchott, Mauritanie.

FAO (1995) : Rapport de préparation du Projet de Gestion des Ressources Naturelles en Zone Pluviale. FAO / CP, Nouakchott, Mauritanie, août 1995.

FRANKENBERGER T.R. et al (1986) : Recherche sur les systèmes de production rurale dans la vallée du fleuve Sénégal : une prospection pendant la saison sèche des régions de Guidimaka, Gorgol, Brakna et Trarza. Projet de recherche agricole en Mauritanie II. Faculté d’Agriculture, Université d’Arizona, Tucson, USA, avril 1986. 120 p.

GERSAR et al (1990) : PDRG : Plan Directeur de Développement Intégré pour la Rive Gauche de la Vallée du Fleuve Sénégal – Schéma directeur de Matam – document définitif. GERSAR/CACG (F), EUROCONSULT (NL), Sir Alexander Gibb & Partners (GB), SONED Afrique (SN), mars 1990. 194 p.

GUEYE L. (1989) : L’intégration agriculture-élevage dans la Moyenne Vallée du Sénégal. Thèse de docteur vétérinaire EISMV, Dakar, Sénégal, décembre 1989. 169 p.

GUEYE S., COLAS F., DIA A.T. (1995) : Données sur l’élevage dans l’Aftoût es Sâheli. Ed F. Colas. Actes du colloque « Protection de la biodiversité du littoral mauritanien ». CIRAD-EMVT, Nouakchott, Mauritanie, 12-13 juin 1995. 153-157.

JAMIN J.Y., TOURRAND J.F. (1986a) : Mission d’appui de l’ISRA (Equipe Systèmes Fleuve) au projet d’encadrement des éleveurs du Gorgol (PEEG). Rapport de mission, ISRA, St Louis, Sénégal, avril 1986. 12 p.

JAMIN J.Y., TOURRAND J.F. (1986b) : Evolution de l’agriculture et de l’élevage dans une zone de grands aménagements. Cahiers de la Recherche Développement, vol 12, 1986. 595-609.

MBENGUE M., DIEME C., d’AQUINO P. (1999) : Mise en place d’un suivi évaluation des zones humides du Delta en accompagnement d’une gestion locale décentralisée des ressources renouvelables. Rapport de stage. Document PSI, St Louis, Sénégal, février 1999. 48 p.

ONS (1998) : Annuaire statistique de la Mauritanie. Année 1996. Office National de la Statistique. Service de la conjoncture, Nouakchott, Mauritanie, mars 1998. 149 p.

PEYRE de FABREGUES B., BESSE F. (1994) : Etude de préparation du programme intégré du Gouère – Trarza – Mauritanie. Rapport final, CIRAD, Montpellier, France, Septembre 1994. 64 p. et annexes.

SAED (1997) : Recueil des statistiques de la vallée du fleuve Sénégal. Annuaire 1995/1996 – version détaillée. SAED, St Louis, Sénégal, août 1997. 142 p.

SALEM-MURDOCK M., NIASSE M., MAGISTRO J., NUTTALL C., HOROWITZ M.M., KANE O., GRIMM C., SELLA M. (1994) : Les barrages de la controverse : le cas de la vallée du fleuve Sénégal. Editions L’Harmattan, Paris, 1994. 318 p.

SANTOIR C. (1992) : Les sociétés pastorales du Sénégal face à la sécheresse 1972-1973 – Réactions à la crise et degré de rétablissement 2 ans après : le cas des Peul du « Galodjina ». ORSTOM, Dakar, Sénégal. 19-57.

SANTOIR C. (1993) : Des pasteurs sur les périmètres. Eds scientifiques : Boivin P., Dia I. et al. In « Nianga, laboratoire de l’agriculture irriguée en Moyenne Vallée du Sénégal ». Atelier ORSTOM / ISRA, St Louis, Sénégal, 19-21 octobre 1993. 375-405.

SANTOIR C. (1996) : Vallée du fleuve Sénégal : la reconstitution du cheptel paysan. Agriculture et développement, n° 10 – juin 1996. 3-16.

TOURRAND J.F. (1993) : L'élevage dans la révolution agricole du *Waalo* : ruptures et continuité. Thèse d'Etat, Université de Paris XII, Créteil, France. 415 p.

ANNEXE 1

Liste des cartes, tableaux et figures

Liste des principaux sigles utilisés

AGETA : Association Générale des Groupements d'Exploitants et Eleveurs pour l'Etude et l'Emploi des Techniques Améliorées Agricoles et Animales (Mauritanie)

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement

DEAR : Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Rural (Mauritanie)

DIREL : Direction de l'Elevage (Sénégal)

DRAP : Direction du développement des Ressources Agro-Pastorales (Mauritanie)

ENDA : Environnement et Développement du Tiers Monde

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GERCOM :

IRD : Institut de Recherches pour le développement (ex ORSTOM)

OMVS : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal

PDRG : Plan Directeur de développement intégré pour la Rive Gauche de la vallée du fleuve Sénégal

POAS : Plan d'Occupation et d'Affectation des Sols

PSI : Pôle Systèmes Irrigués

SAED : Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (Sénégal)

SOGAS : SOciété de Gestion des Abattoirs du Sénégal

SONADER : SOciété NAtionale pour le Développement Rural (Mauritanie)

SPAI : Sous-Produits Agricoles et agro-Industriels

ANNEXE 2

Liste des personnes rencontrées ou consultées

Nom	organisme	coordonnées
Abeiderrahmane Nancy	La Laitière de Mauritanie Directrice	BP 2069 Nouakchott Mauritanie tél :
Ba Amadou Djiby	Maison des Eleveurs de la Région de St Louis Président	St Louis Sénégal tél : 221 961 34 04
Cheikhna O/ Mbare	DEAR : Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Rural Chef du Service Protection de la nature	BP 170 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 591-83
Chey Soeun	DEAR : Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Rural Ingénieur Agronome et Forestier	BP 170 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 591-83
Cissé Paly	Service départemental de l'Elevage Vétérinaire, chef du Service de Matam	BP 7 Ourossogui Sénégal tél : 221 966 10 04
Clua Eric	DRAP : Direction du Développement des Ressources Agro-Pastorales Vétérinaire, Conseiller du Directeur	BP 7005 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 556 96
Cogels Olivier	OMVS : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal Géographe	Dakar Sénégal tél :
Dia Amadou Tidiane	CNERV : Centre National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires Chercheur, Cellule Environnement	BP 1333 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 527 65
Diallo Abdoulaye	SAED Agro-zootechnicien	BP 74 St Louis Sénégal tél : 221 961 15 33
El Hacen O/ Taleb	GNAP : Groupement National des Associations Agro-sylvo-Pastorales Président	BP 2012 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 539 46
Estrade Pierre	MDRE : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement Bureau des Affaires Foncières	BP 5113 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 916 55
Giniès Paul	MDRE : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement Conseiller du Ministre	BP 5113 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 916 55
Leye Maguette	Service départemental de l'Elevage ITE, chef du Service de Podor	Podor Sénégal tél : 221 965 12 30

Leye Serigne	PRODAM Cellule Gestion des ressources naturelles	Matam Sénégal tél : 221 966 63 53
Maubuisson Jacques	AGETA Conseiller du Directeur	BP 48 Rosso Mauritanie tél : 222 691 90
Mohamed O/ Abderrane	MDRE : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement Bureau des Affaires Foncières	BP 5113 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 916 55
N'Diaye Baba	SAED Agro-zootechnicien	Podor Nianga Sénégal tél : 222 965 12 47
N'Gaëde M.	SONADER : Société Nationale pour le Développement Rural	BP 321 Nouakchott Mauritanie tél : 222 2 518 00
N'Gam Oumar	CNRADA : Centre National de Recherches Agronomiques et du Développement Agricole Coordinateur National du PSI	BP 22 Kaédi Mauritanie tél : 222 353 77
Salem Mohamed	Délégation de l'Agriculture de Rosso Vétérinaire	Rosso Mauritanie
Sall Cheikh	ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques Chercheur, agro-zootechnicien	BP 244 St Louis Sénégal tél : 221 961 51 17
Sarr Oumar	CNRADA : Centre National de Recherches Agronomiques et du Développement Agricole Chercheur, Cultures Fourragères	BP 22 Kaédi Mauritanie tél : 222 353 78
Seck Sidy	PSI : Pôle Systèmes Irrigués Coordonnateur National	BP 244 St Louis Sénégal tél : 221 961 51 17
Sène Abdoulaye	Eaux et Forêts Inspecteur Régional	BP 229 St Louis Sénégal tél : 221 961 11 70
Vauchel Philippe	IRD : Institut de Recherches pour le Développement (ex ORSTOM) Hydraulicien	Dakar Hann Sénégal tél : 221 832 34 80
Yade Aladji	Service Régional de l'Elevage Inspecteur Régional	St Louis Sénégal tél : 221 961 11 16

Nous tenons à remercier également pour leur collaboration :

- dans notre recherche bibliographique les services de la SAED (bibliothèque de N'Diaye), du Prowalo (St Louis) et de l'Ambassade de France à Nouakchott.
- dans notre recherche cartographique les services de la SAED (St Louis), du Bureau des Affaires Foncières (Nouakchott) et de l'OMVS (Dakar

OMVS
Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal

IRD
Institut de Recherche pour le Développement

P.O.G.R.

PROGRAMME D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur la DYNAMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

Rapport de synthèse

Version Provisoire 15/12/1998

TOME 5.E

Mission Française de Coopération

Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur la dynamique des eaux souterraines

Rapport de synthèse – Version Provisoire 15/12/1998

La question qui nous intéresse ici est celle de l'impact potentiel de la gestion des réservoirs du Fleuve Sénégal sur la dynamique des eaux souterraines et sur les usages humains et environnementaux associés.

Le Fleuve Sénégal est en interaction directe avec sa nappe alluviale et en interaction indirecte (via la nappe alluviale) avec différentes nappes plus profondes exploitées par des forages. Classiquement un fleuve réalimente sa nappe alluviale en période de hautes eaux, par son lit principal et son lit majeur (les zones d'inondation) et la draine en période d'étiage. Ce schéma est globalement applicable au Fleuve Sénégal, à l'exception de certains tronçons où le Fleuve est toujours en position d'alimentation de la nappe. Par ailleurs la nappe alluviale suit un écoulement d'ensemble parallèle à l'axe de la Vallée.

Les échanges de volume entre les eaux de surface et les eaux souterraines peuvent être fortement modifiés en **quantité** par les changements de régime hydrologique du Fleuve, changements naturels (sécheresse ou succession d'années humides) ou d'origine anthropique (régulation des crues et des étiages). Ils sont également modifiés au niveau des périmètres irrigués, notamment rizicoles, où la percolation vers la nappe est importante.

L'impact quantitatif de la gestion des aménagements réside donc essentiellement dans :

- La diminution des superficies inondées (ou la réduction de leur durée de submersion) qui sont des zones de recharge potentielle, ce qui peut donc limiter la réalimentation des eaux souterraines
- Le soutien des étiages qui remonte le niveau de base et limite le drainage de la nappe (tout en pouvant même générer une recharge continue), et plus généralement limite l'amplitude des fluctuations de niveau dans le Fleuve.
- Le relèvement de la ligne d'eau à l'amont du barrage de Diama qui provoque un relèvement généralisé de la nappe de la Basse Vallée et du Delta.

Par ailleurs la **qualité** des eaux souterraines peut être sensiblement modifiée dans la zone du Delta (remontée de nappes salées en lien avec la surélévation du niveau d'eau dans le fleuve au barrage de Diama) ou dans les zones d'intensification de l'irrigation

Le rapport s'articule en 4 parties.

La première regroupe des informations d'une part sur les usages humains des eaux souterraines, principalement en alimentation villageoise (eau pour la consommation et l'usage humain, ainsi que pour l'abreuvement du bétail), d'autre part sur les enjeux environnementaux liés à la nappe alluviale, notamment sur la sensibilité des écosystèmes végétaux (forestiers).

La seconde partie présente de façon synthétique les caractéristiques des principaux aquifères liés au Fleuve et le dispositif de suivi existant ou ayant existé.

La troisième partie fait le point de nos connaissances sur les échanges entre le Fleuve et sa nappe alluviale, et sur les différences potentielles entre régime naturel et régime de gestion.

La quatrième partie conclut sur une synthèse globale des connaissances et des implications sur la gestion des ouvrages, et propose des voies pour améliorer ces connaissances dans le futur.

Chacun des sujets évoqués ci-dessus a fait l'objet de différentes études détaillées auxquelles nous faisons explicitement référence (cf. bibliographie en fin de rapport). La présente expertise a pour seul objectif de recenser et de synthétiser ces connaissances, sans pouvoir permettre d'acquérir ou de développer de nouvelles connaissances.

I. Les usages humains et les enjeux environnementaux des eaux souterraines

I.A. Usages humains

Dans l'ensemble de la moyenne vallée et de la basse vallée, la nappe alluviale fournit une eau facilement accessible par les puits, pour la consommation humaine, animale et pour l'irrigation des jardins maraîchers (notamment les jardins des groupements de femmes). Les puits peu profonds ouverts sont les plus fréquents, la profondeur de l'eau y étant en moyenne de 8 à 10m.

En rive gauche du Fleuve, les rapports régionaux du Recensement Général de la Population et de l'Habitat sénégalais de 1988 donnent des informations sur les habitations des ménages et notamment sur l'approvisionnement en eau. Les rapports de la Région de Saint Louis et de la Région de Tambacounda (Département de Bakel) donnent les informations suivantes :

Sources RGPH88	Dagana		Podor		Matam		Bakel		Total Vallée Rive Gauche	
	ménages	%	ménages	%	ménages	%	ménages	%	ménages	%
Robinet intérieur	6922	22.2	519	2.6	1020	4.2	431	4.1	8892	10.3
Robinet extérieur	8705	28.0	626	3.1	4138	16.9	1009	9.6	14478	16.8
Forage ou pompe	599	1.9	3281	16.3	2344	9.6	673	6.4	6897	8.0
Puits intérieur	651	2.1	369	1.8	483	2.0	578	5.5	2081	2.4
Puits extérieur	6016	19.3	8920	44.2	11067	45.3	5086	48.4	31089	36.0
Autre	8238	26.5	6460	32.0	5386	22.0	2732	26.0	22816	26.5
Total	31131	100.0	20175	100.0	24438	100.0	10508	100.0	86252	100.0

Les réseaux d'adduction (robinets) alimentent 27% des ménages ce qui correspond de manière très nette au pourcentage de population urbaine (27%).

On peut donc considérer que sur la population rurale 11% est alimentée par forage (nappe profonde), 53% par des puits en nappe alluviale et 36% par d'autres moyens, notamment l'accès direct au Fleuve, aux marigots et aux lacs.

Il est évidemment difficile d'estimer les volumes prélevés par les populations à partir des puits. Si l'on adopte un chiffre global de 50 000 ménages s'alimentant en eau par des puits et des besoins journaliers de l'ordre de 50 l/jour/ménage, le chiffre obtenu est de l'ordre de 2 500 m3/j soit 1 Million de m3/an. Il ne s'agit là que d'une estimation mais on peut considérer dans tous les cas que les volumes de prélèvements pour les besoins humains restent négligeables (<0,5%) devant les volumes échangés entre le Fleuve et la nappe.

Les différents entretiens ne semblent pas indiquer de baisse significative du niveau d'eau dans les puits qui aurait pu amener à leur abandon ou à leur approfondissement. Une enquête plus systématique pourrait s'avérer utile.

_____Compléments____

Acquérir des informations côté Mauritanien
Identifier des puits et piézomètres qui ont été suivis depuis 1990
Identifier des puits et des piézos qui ont été suivis avant
Enquêter sur la dynamique de la nappe et l'alimentation en eau par les puits

I.B. Les enjeux environnementaux liés aux eaux souterraines

Il est connu qu'avant la sécheresse qui a commencé en 1973, la vallée était couverte de forêts de Gonakiés. La germination des gonakiés requiert une durée de submersion suffisante et des conditions propices d'humidité de surface pour les trois premières années. Au-delà, les gonakiés ayant développé leur système racinaire peuvent s'alimenter dans les eaux de la nappe alluviale.

C'est le cas par exemple d'une forêt restante en rive gauche à l'amont de la défluence du Doué et du Sénégal. Cette forêt d'arbres adultes persiste sur une zone qui n'a pas été submergée depuis 25 ans, ce qui s'explique par l'accès direct du système racinaire à l'eau de la nappe.

En ce sens le relèvement global du niveau de base de la nappe doit avoir un impact positif sur les écosystèmes forestiers.

Dans la partie aval de la Vallée, notamment au niveau du Delta, le relèvement de la nappe généré par le plan d'eau à l'amont du barrage de Diama, peut s'accompagner d'hydromorphie et de remontées salines, la nappe alluviale ayant longtemps été contaminée par les eaux marines.

II. Les différentes nappes liées au Fleuve Sénégal et leur dynamique

II.A. Les différentes formations géologiques et leurs aquifères

On peut distinguer dans la région du Fleuve trois aquifères superposés. Ces aquifères correspondent à des formations géologiques différentes qui se sont mises en place respectivement à la fin du Secondaire, au Tertiaire et au Quaternaire[1] (cf. carte) :

Formations Maastrichiennes (fin du Secondaire) :

Le bassin sénégalo-mauritanien a pris naissance pendant l'ère Secondaire entre la fin du Trias et le début du Jurassique supérieur. Depuis le Jurassique le bassin s'affaisse de manière continue. La formation supérieure de cette période est le Maastrichien[2] (fin du Crétacé).

La formation Maastrichienne est décrite en détail dans le rapport EQUESEN 1993 (Tome IV , Chap. 7), lui-même s'appuyant sur le rapport de Illy 1973. Elle est organisée en un bombement anticlinal (en forme de dôme), dont la dorsale (sommet du dôme) suit un croissant qui est à l'aplomb du fleuve de Bakel à Matam, passe ensuite au nord de la vallée, pour redescendre vers le Fleuve à hauteur de Dagana.

Les deux principales zones d'affleurement du Maastrichien (contact direct avec les formations alluviales) sont donc :

- La moyenne vallée de Sémmé à Matam, où le Maastrichien est à l'altitude –10m et est en contact direct avec les formations alluviales quaternaires.
- La basse vallée dans la zone de Dagana (-20m au niveau de Dagana, Guidakhar, Ker Mour ; -40m à Binguel Déné, -50m à la jonction Lac de Guiers – Canal de la Taouaye)

Le Maastrichien s'enfonce rapidement de part et d'autre de la dorsale (-50m au Lac de R'Khiz, -100m à l'ouest du Lac de Guiers, -400m sur une ligne Rosso – Gnit – Louga). De Kaedi à l'aval de Podor, où la dorsale passe nettement au nord de la vallée, le Maastrichien est ainsi au-dessous de –50m et même au-dessous de –100m entre Boghé et Podor.

Selon les mesures réalisées par le BRGM en Septembre 1970, la nappe du Maastrichien s'écoule dans une direction parallèle à l'axe du bombement anticlinal, donc parallèlement au Fleuve, vers une dépression piézométrique située vers Tiatki et Diaglé (Sénégal). La nappe du Maastrichien est en charge et sa piézométrie varie : +9m à hauteur de Sémé , +6m à hauteur de Kaédi, +4m à hauteur de Boghé, +1m à hauteur de Dagana.

Formations sédimentaires de l'Eocène (Tertiaire) :

Au cours de l'Eocène des formations sédimentaires marines et littorales[3] se sont mises en place. Elles couvrent l'ensemble de la vallée, à l'exception de sa partie amont (Sémmé – Matam). Leur épaisseur est variable : 50m à l'aval de Matam, 80m à Pété.

A la fin du Tertiaire des phénomènes tectoniques ont fracturé les roches dures du socle ancien et les formations sédimentaires de l'Eocène. Le substratum est donc fortement accidenté.

---

[1] On rappelle la succession des périodes géologiques :

Précambrien, Primaire ou Paléozoïque [Cambrien, Silurien, Dévonien, Carbonifère, Permien], Secondaire ou Mésozoïque [Trias, Jurassique, Crétacé], Tertiaire ou Cénozoïque [Eocène, Oligocène, Miocène], Quaternaire

[2] Maastrichien : sables hétérométriques souvent grossiers avec quelques passages d'argile et de grès sableux à niveaux de quartz translucides.

[3] Eocène : les formations sédimentaires d'origine marine sont essentiellement argileuses, marneuses et calcaires, les formations de type littorales présentent des dépôts détritiques sableux gréseux ou argileux.

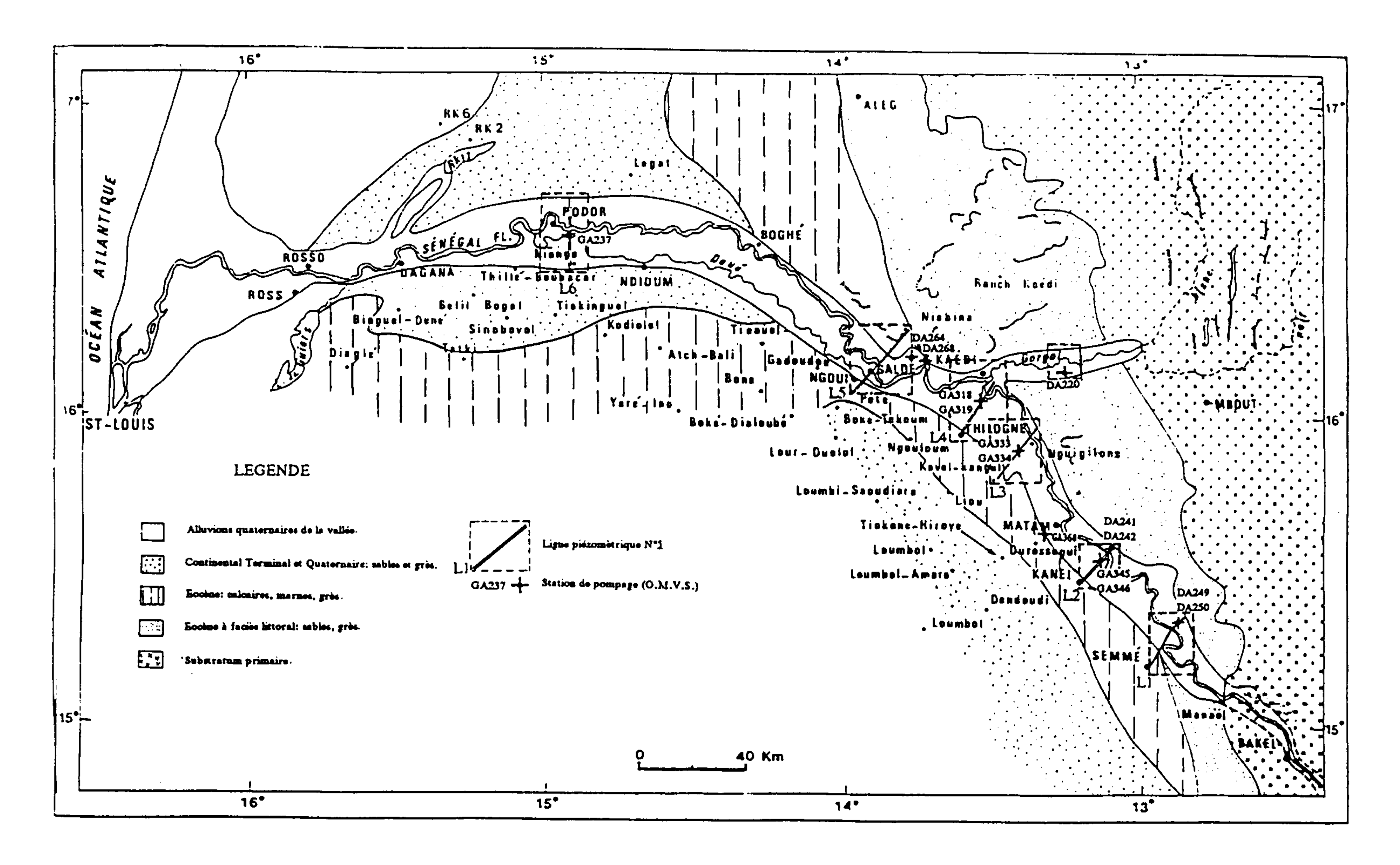
Formations alluviales (Quaternaire) :

Postérieures aux phénomènes tectoniques les formations alluviales du quaternaire[4], déposées par le Fleuve et ses affluents, ont recouvert le substratum. Ces formations sont très hétérogènes.

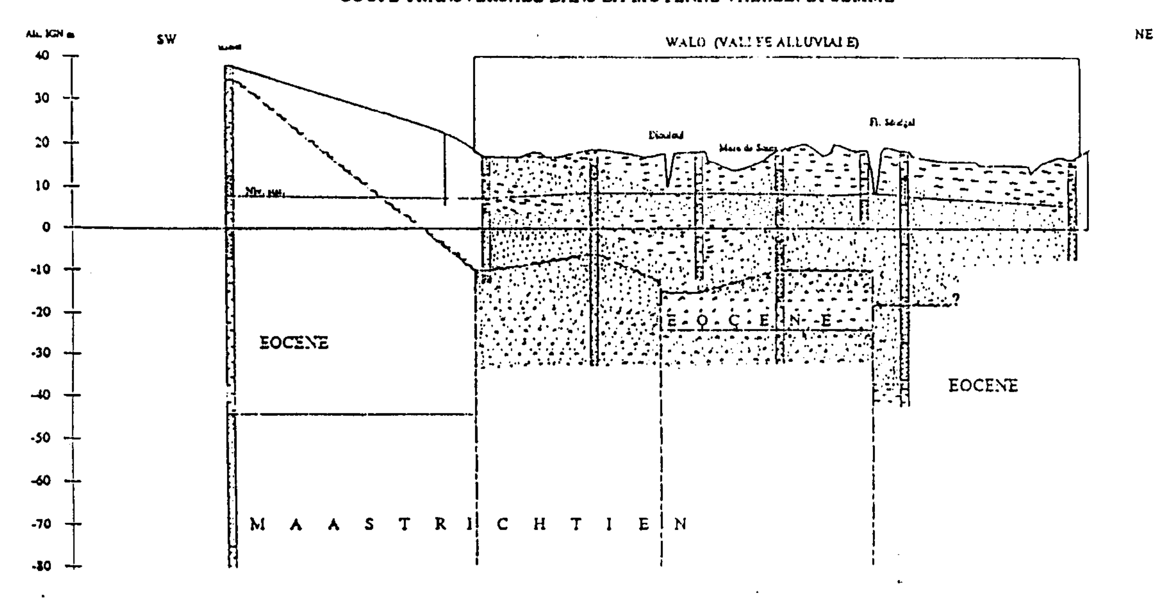
Leur épaisseur est en moyenne de 35m dans l'axe de la vallée et de +15m aux bords.

A l'amont de la vallée les formations alluviales reposent directement sur les formations Maastrichiennes, les formations Eocènes se rencontrant sur les côtés. A l'aval de la vallée on observe la superposition régulière des trois étages : Maastrichien, Eocène, Quaternaire.

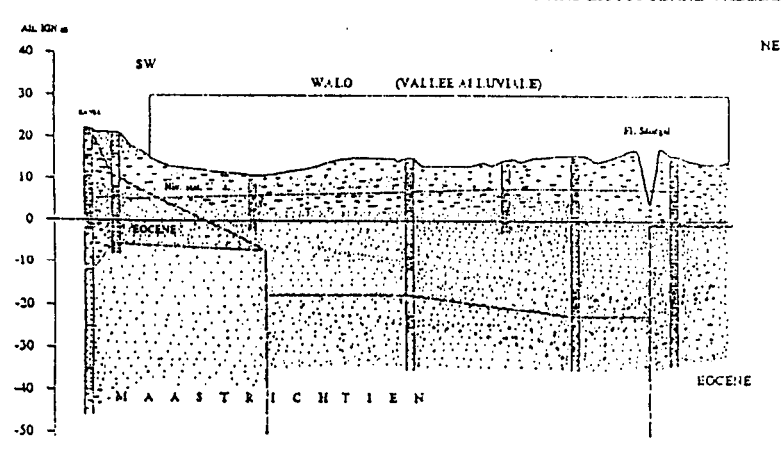
[4] Quaternaire : calcaires lacustres, vases, sables marins, alluvions fluviatiles,…


OCÉAN ATLANTIQUE
ST-LOUIS
ROSSO
PODOR
BOGHÉ
KAEDI
SALDE
NGOUI
THILOGNE
MATAM
KANEL
SEMME
BAKEL
ALEG
MBOUT
SÉNÉGAL FL.
Doué
NDIOUM
DAGANA
LEGENDE
Alluvions quaternaires de la vallée.
Continental Terminal et Quaternaire: sables et grès.
Eocène: calcaires, marnes, grès.
Eocène à faciès littoral: sables, grès.
Substratum primaire.
Ligne piézométrique N°1
Station de pompage (O.M.V.S.)
GA237
0 40 Km
16°
15°
14°
13°
17°

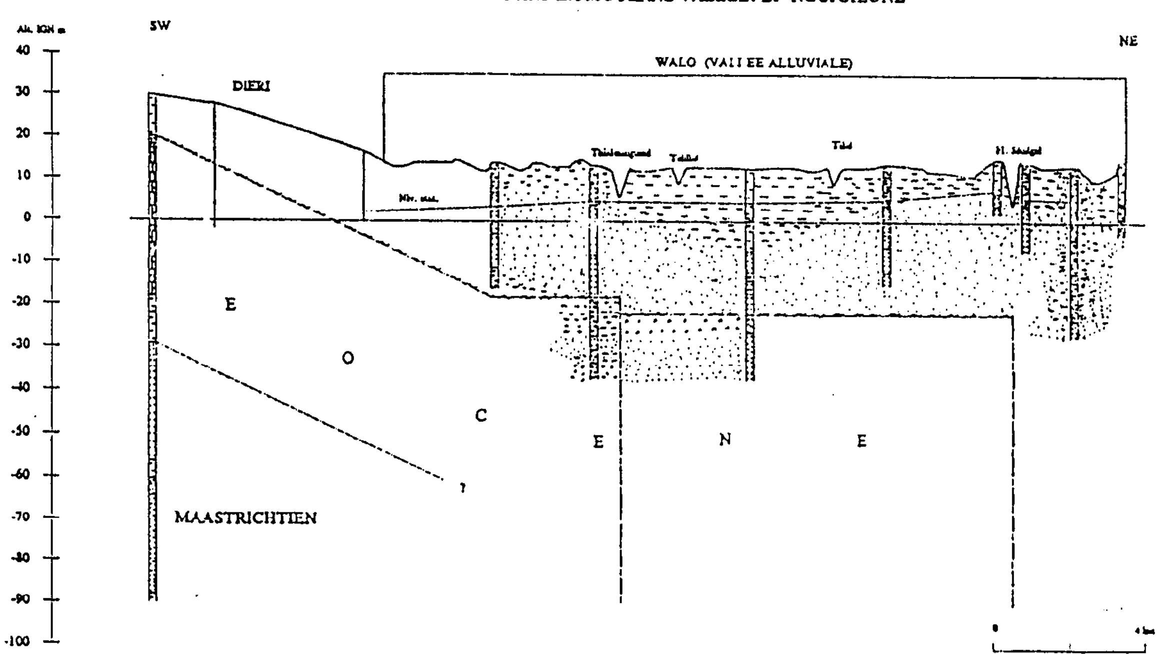
COUPE TRANSVERSALE DANS LA MOYENNE VALLEE: L1 SEMME

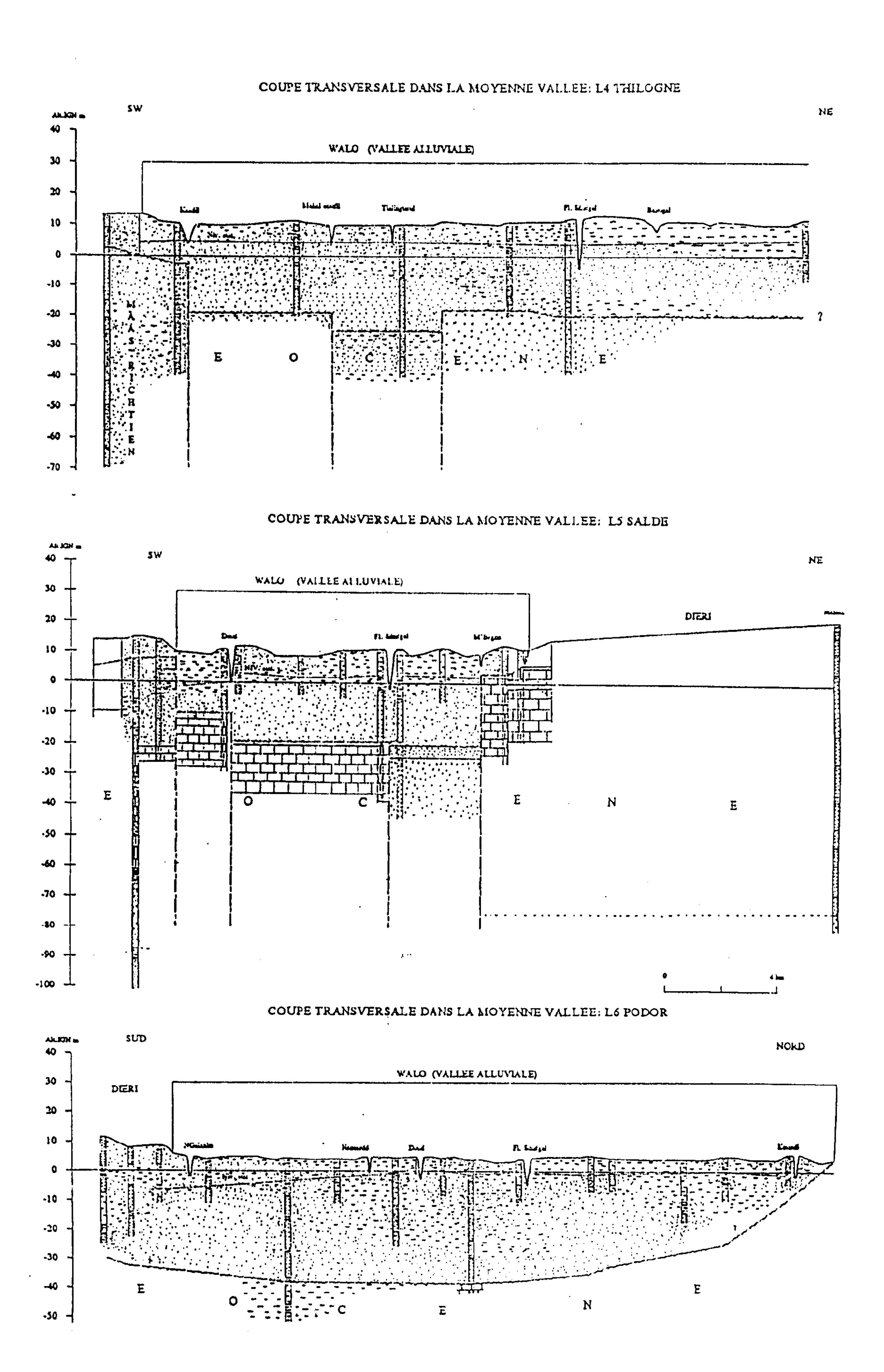


COUPE TRANSVERSALE DANS LA MOYENNE VALLEE: L2 KANEL



COUPE TRANSVERSALE DANS LA MOYENNE VALLEE: L3 NGUIGILONE





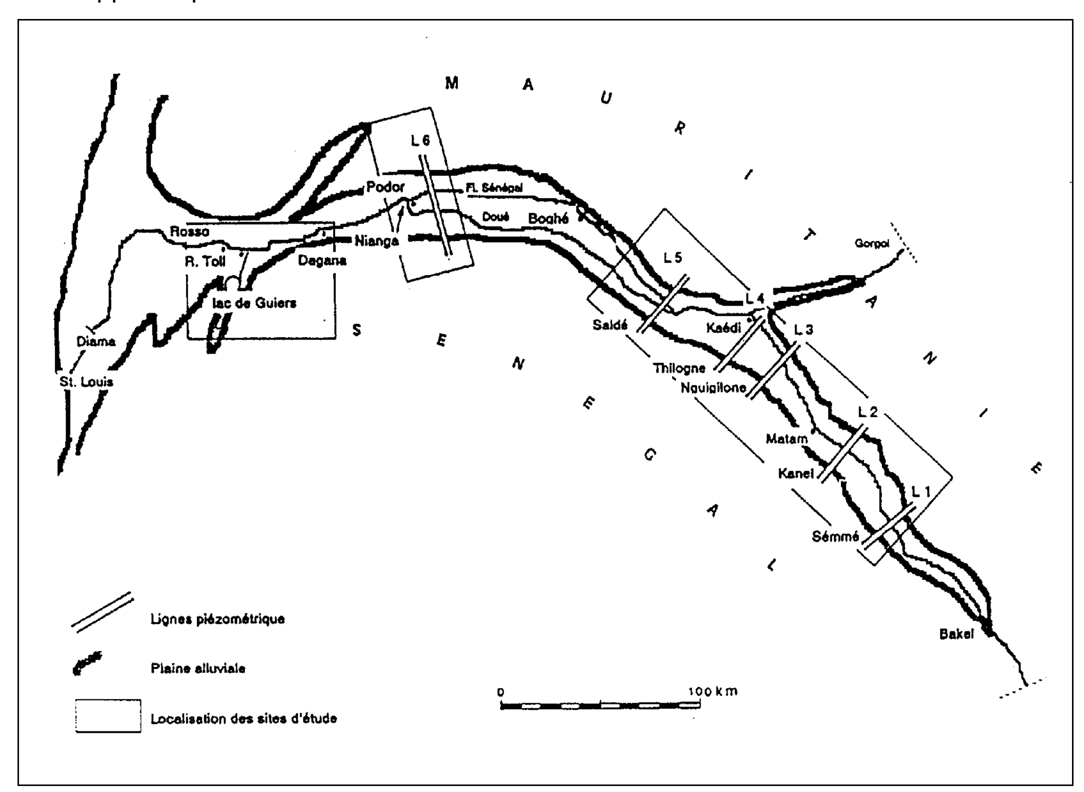
II.B. Le dispositif de suivi piézométrique

Un projet initié par l'OMVS et l'USAID (1985-1990) a permis la réalisation d'un réseau de suivi de 589 piézomètres et 562 puits villageois.

	Total			Delta			Moyenne Vallée			Haute Vallée		
	Total	RG	RD	Total	RG	RD	Total	RG	RD	Total	RG	RD
Piézomètres	589						268	138	130			
Quatern.							193					
Eocène							59					
Maestr.							16					
Primaire							3					
Puits	562						327	241	86			
Quatern.							98					
Eocène							230					
Maestr.												
Primaire												

(tableau à compléter)

Le dispositif mis en place par l'USAID sur la vallée du Fleuve est représenté sur la carte ci-dessous, extraite du rapport Equesen



Ce réseau de suivi consiste essentiellement en :

- six lignes piézométriques transversales à la Vallée, respectivement de l'amont vers l'aval à Sémmé, Kanel, Nguigilone, Thilogne, Saldé et Podor
- un dispositif piézométrique sur la partie amont du Delta

Le rapport de Dieng (1997) indique pour chacun des piézomètres et des puits de la moyenne Vallée : le code, le pays, la profondeur, la formation géologique, la distance au cours d'eau et le nom du cours d'eau, les coordonnées géographiques, la proximité à une zone inondée ou à un périmètre irrigué.

On trouvera en annexe au présent rapport la durée de la période de suivi pour chacun de ces piézomètres.

Les données sont disponibles à l'OMVS.

II.C. Les caractéristiques hydrodynamiques des nappes.

Dans le cadre du Programme EQUESEN, des travaux de caractérisation des différentes formations ont été menés. :

- sondages géophysiques (notamment électriques) pour définir les formations alluviales, leur géométrie, et dessiner les profils.
- Essais de pompage pour caractériser les paramètres hydrodynamiques.
- Plusieurs essais de pompage de longue durée ont été menés sur les piézomètres de gros diamètre de l'OMVS, fournissant un tableau de caractéristiques (cf. p 11 du rapport EQUESEN).

Les résultats de caractérisation hydrodynamique obtenus par Illy 1973 et Equesen 1993 sur les formations Quaternaires, Eocène et Maastrichienne sont synthétisés dans le tableau ci-dessous (qui complète celui de Dieng 1997) :

Nappes de formations Quaternaires			
Sondage de :	Transmissivité (m2/s)	Coefficient d'emmagasinement	Source
Kanel (F1)	6,0 10-3	2,0 10-3	Illy 1973
Matam (F5)	7,2 10-3	0,6 10-3	Illy 1973
Bogué (Fg bis)	0,7 10-3	1,3 10-3	Illy 1973
Nianga (F10)	9,2 10-3		Illy 1973
Nianga (F12)	0,07 10-3		Illy 1973
Saldé	1,3 10-3		Illy 1973
Podor (GA 237)	5,5 10-3	0,45 10-3	Equesen 1993
Mbakhna (GA 334)	15 10-3	2,2 10-3	Equesen 1993
Thilogne (GA 318)	9,5 10-3	0,2 10-3	Equesen 1993
Wali (DA 250)	5,0 10-3	0,07 10-3	Equesen 1993
Kanel (GA 346)	17 10-3	0,054 10-3	Equesen 1993
Keur Macene (DA 03	2,0 10-3	0,45 10-3	Equesen 1993
Lac de Guiers (GA 26	1,0 10-3	0,45 10-3	Equesen 1993
Diama (DA 001)	2,5 10-3	0,25 10-3	Equesen 1993

Nappes de formation Eocène			
Sondage de :	Transmissivité (m2/s)	Coefficient d'emmagasinement	Source
Boynadj (GA 368)	9,0 10-3	850 10-3	Equesen 1993
Bbakana (GA 333)	40 10-3	8,5 10-3	Equesen 1993
Thilogne (GA 319)	7,5 10-3	12 10-3	Equesen 1993
Wali (DA 249)	8,0 10-3	0,051 10-3	Equesen 1993
Youmaniré (DA 241)	21 10-3		Equesen 1993
Mbagne (DA 264)	9,0 10-3	0,58 10-3	Equesen 1993
Bagoudine (DA 268)	12 10-3	?	Equesen 1993
Mafoundou (DA 220)	40 10-3	0,2 10-3	Equesen 1993

Nappes de formation Maastrichienne			
Sondage de :	Transmissivité (m2/s)	Coefficient d'emmagasinement	Source
Kanel (GA 345)	15 10-3	0,42 10-3	Equesen 1993

La transmissivité des nappes est globalement plus forte à l'amont de la vallée (Dieng 97)

II. Les échanges Fleuve – Nappe en régime naturel et en régime de gestion

L'analyse et le traitement des données piézométriques recueillies entre 1989 et 1992 a fait l'objet de trois rapports :

- Synthèse des données piézométriques du Delta du Fleuve Sénégal
- Synthèse des données piézométriques aux environs du barrage de Manantali
- Synthèse et analyse des données hydrogéologiques de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal

Cette analyse a fourni des enseignements importants sur la dynamique naturelle des nappes et des échanges fleuve-nappe. Il est plus difficile d'en tirer des enseignements sur l'effet de la gestion des ouvrages. En effet le barrage de Manantali n'était pas encore en service et la diversité des années hydrologiques est la première cause de la variation des résultats observés.

Dans un premier temps ce rapport fait le point des résultats sur le fonctionnement naturel des nappes (III.A.), avant de s'intéresser plus particulièrement aux effets observés ou potentiels de la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal (III.B.).

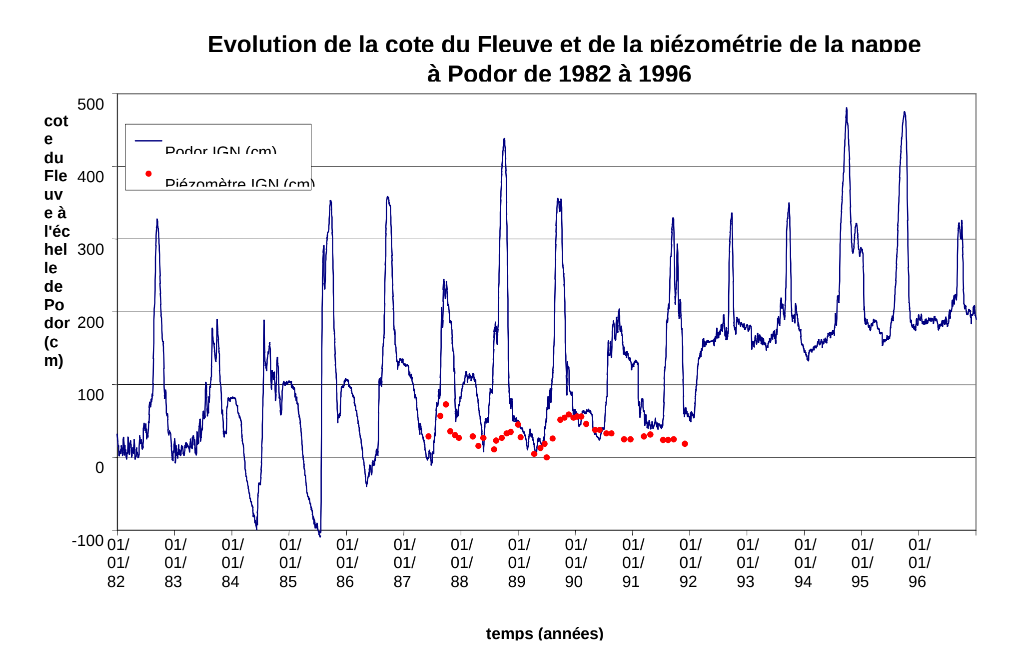
<u>III.A. La dynamique naturelle des nappes</u>

L'écoulement général des nappes

Il semble, au vu de cartes piézométriques établies entre Bakel et Saldé en Novembre 1988 (juste après les hautes eaux) et Juin 1989 (basses eaux) (cf. rapport Equesen 1993 Tome 4, Chapitre VII), que le Fleuve soit constamment en position d'alimentation de la nappe alluviale sur le tronçon Bakel – Saldé. En revanche, à l'aval de Saldé on rencontre différentes situations relatives entre le niveau de l'eau dans le fleuve et le niveau de l'eau dans la nappe.

Un cycle de fluctuation annuel

Au cours des quelques années de suivi, la nappe de l'aquifère alluvial quaternaire a montré des oscillations annuelles de niveau dont l'ampleur est fonction de la distance au Fleuve et de la proximité d'un périmètre irrigué.



Les hautes eaux du Fleuve provoquent une recharge de la nappe qui fait monter sa piézométrie. Lorsque le niveau dans le Fleuve descend, le niveau dans la nappe baisse, soit par drainage de la nappe vers le Fleuve, soit par vidange d'ensemble de la nappe (ce qui explique que le niveau piézométrique de la nappe puisse rester en permanence inférieur au niveau dans le Fleuve).

On trouve en fait une grande diversité de situations de la piézométrie de la nappe par rapport aux niveaux dans le Fleuve (Touzi 1998) .

Analysant l'amplitude des fluctuations du niveau de la nappe en fonction de la distance au Fleuve, Dieng propose, pour la moyenne Vallée, le tableau synthétique suivant :

	Variation annuelle du niveau piézométrique				
	Dagana	Podor	Kaedi	Matam	Selibabi
Hors périmètre et loin des cours d'eau	0,2 à 0,3m	0 ,5 à 0,8m	0,2 à 0,5m	0,5 à 1,2m	0,4 à 1m
A côté des cours d'eau	1m	0,8 à 1,85m	0,6 à 2,5m	1,6 à 3m	_
A l'intérieur des périmètres	1,9m	0,8 à 1,5m	1 à 2m	_	1m
Dans les périmètres et à côté des cours d'eau	_	1,5 à 2m	2,7m	_	3m

La communication entre les nappes

La relation hydraulique entre les différentes nappes (nappes alluviale, Eocène et Maastrichienne) est globalement très bonne. Elle présente toutefois quelques variations spatiales :

- La communication entre la nappe alluviale et la nappe Eocène est très bonne sur la zone de Podor où il n'y a pratiquement pas de différence de niveau entre ces deux nappes. Elle est moins bonne sur la zone de Kaedi où la différence de niveau peut atteindre 1m. Elle est de nouveau très bonne sur la zone de Matam
- La communication entre la nappe du Maestrichien et les autres nappes supérieures (alluviale et Eocène) est bonne sur la zone de Matam.

L'estimation du volume échangé entre le Fleuve et la nappe

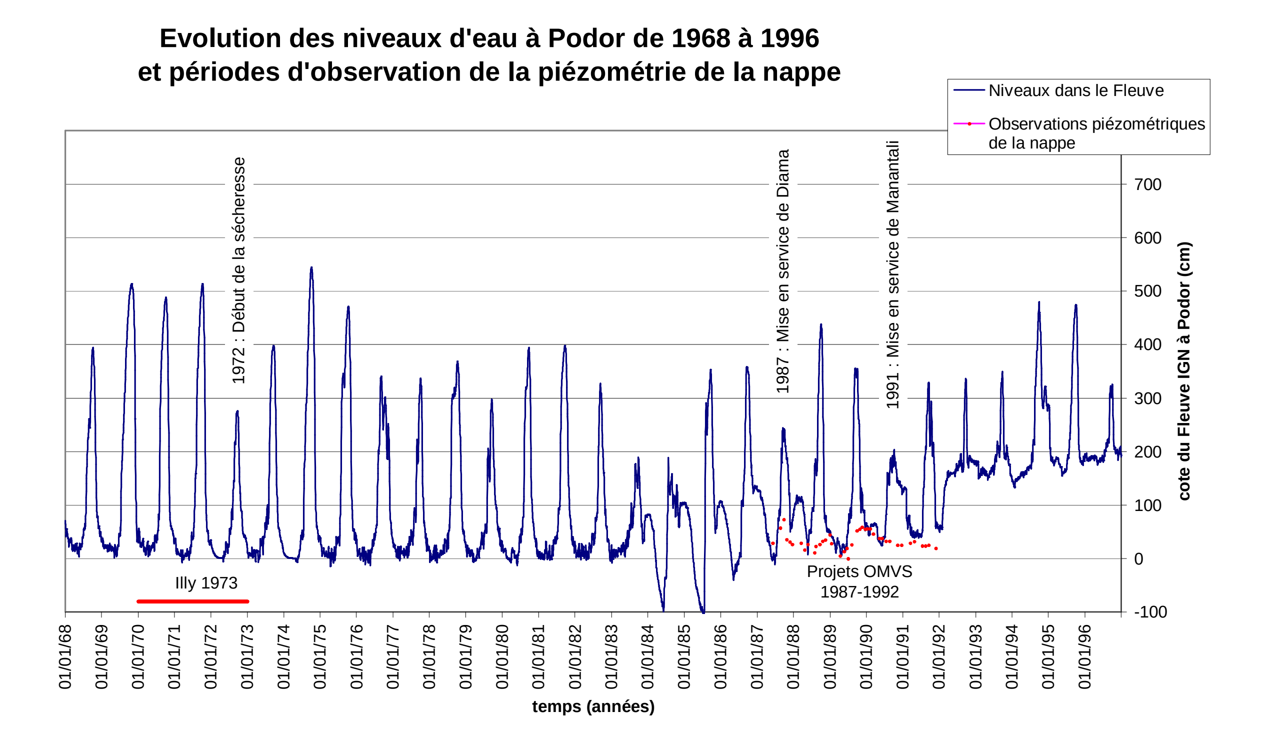
Dieng (1997) reprend la méthode utilisée par Illy pour l'estimation du volume échangé entre le fleuve et la nappe, calculé sur la base de l'amplitude de fluctuation de la nappe en fonction de la distance au Fleuve. Il obtient ainsi une estimation de 330 Millions de m3/an (contre 250 Millions de m3/an estimés par Illy).

Comme nous le verrons plus loin il est nécessaire d'affiner par la modélisation cette méthode d'estimation qui demeure très grossière (les lois amplitude de fluctuation du niveau en fonction de la distance au Fleuve sont très mal corrélées aux mesures, la distance limite de 5000m est arbitraire, le coefficient d'emmagasinement pris égal à 0,1 est également une estimation).

III.B. La dynamique des nappes sous l'effet de la gestion des ouvrages

Pour comprendre la dynamique des eaux souterraines sous l'effet de la gestion des ouvrages, l'idéal serait de disposer de chroniques longues d'observation piézométrique des nappes couvrant les périodes avant, pendant et après la mise en service des ouvrages. Nous ne disposons pas de telles chroniques d'observation. En revanche nous disposons de longues chroniques d'observation du régime des eaux de surface.

Le graphique ci-dessous illustre pour la période 1968-1996 et pour la zone de Podor l'évolution observée de la dynamique hydrologique des eaux de surface et les quelques observations piézométriques de la nappe.



On conçoit aisément que la durée et le nombre des observations piézométriques sont insuffisants pour permettre une quantification et développer une capacité de prévision de l'impact de la sécheresse et de la gestion sur les eaux souterraines.

On dispose toutefois de modèles simplifiés qui peuvent nous permettre de reconstituer les effets des changements du régime de surface sur le régime des eaux souterraines.

Ce rapport analyse dans un premier temps les principales évolutions du régime des eaux de surface (niveaux à l'étiage, amplitude de fluctuation annuelle, surface inondée et durée de la submersion, irrigation) pour lesquelles des données sont disponibles (III.B.1.) puis dans un second temps leurs effets observés ou prévus sur la nappe (III.B.2.).

III.B.1. Les principales modifications du régime hydrologique des eaux de surface

A. Observation de l'évolution des niveaux d'eau dans le Fleuve

Les cinq figures des pages suivantes présentent l'évolution des niveaux observés dans le Fleuve entre 1952 et 1996 aux échelles de Bakel, Matam, Saldé, Podor et Dagana. Les niveaux à ces échelles sont représentatifs des conditions d'alimentation de la nappe par le Fleuve le long de la vallée.

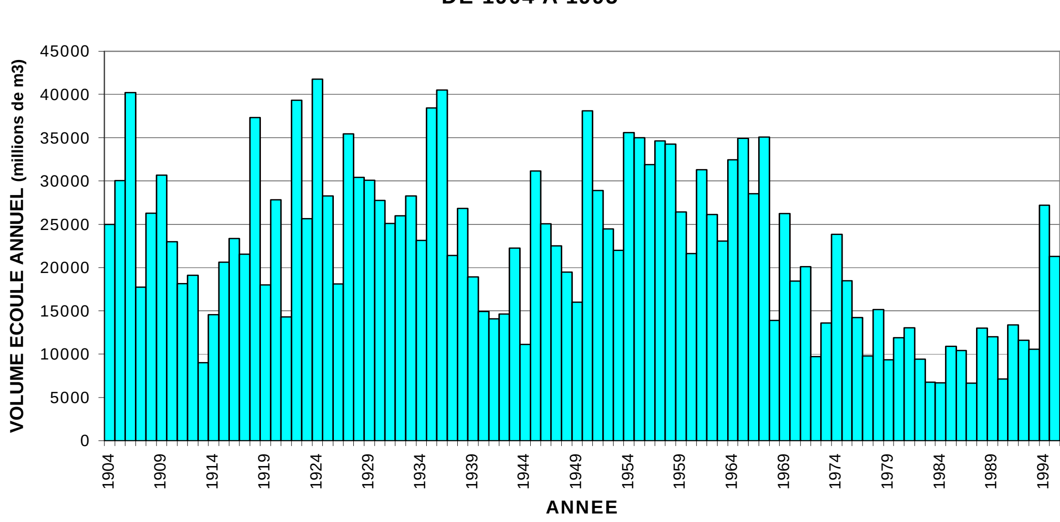
Les principaux constats sont les suivants :

- Les niveaux maximum annuels, qui traduisent les débits de crue, on nettement diminué entre la période 1952-1971 et la période 1972-1996. Ceci résulte de la sécheresse naturelle qui affecte la région depuis 1972
- Les niveaux de base des différentes stations sont restés relativement constants jusqu'en 1972, puis ont diminué sous l'effet de la sécheresse (à l'exception de Matam et Podor influencés par l'aval).
- Les niveaux de base sont remontés à partir de 1987 sous l'effet conjugué du barrage de Diama (Dagana et Podor) et du soutien d'étiage (Bakel, Matam, Saldé). Cette remontée du niveau de base est de l'ordre de 170 cm à Dagana et Podor, 200 cm à Saldé, 130cm à Matam (données de mauvaise qualité) et 130 cm à Bakel

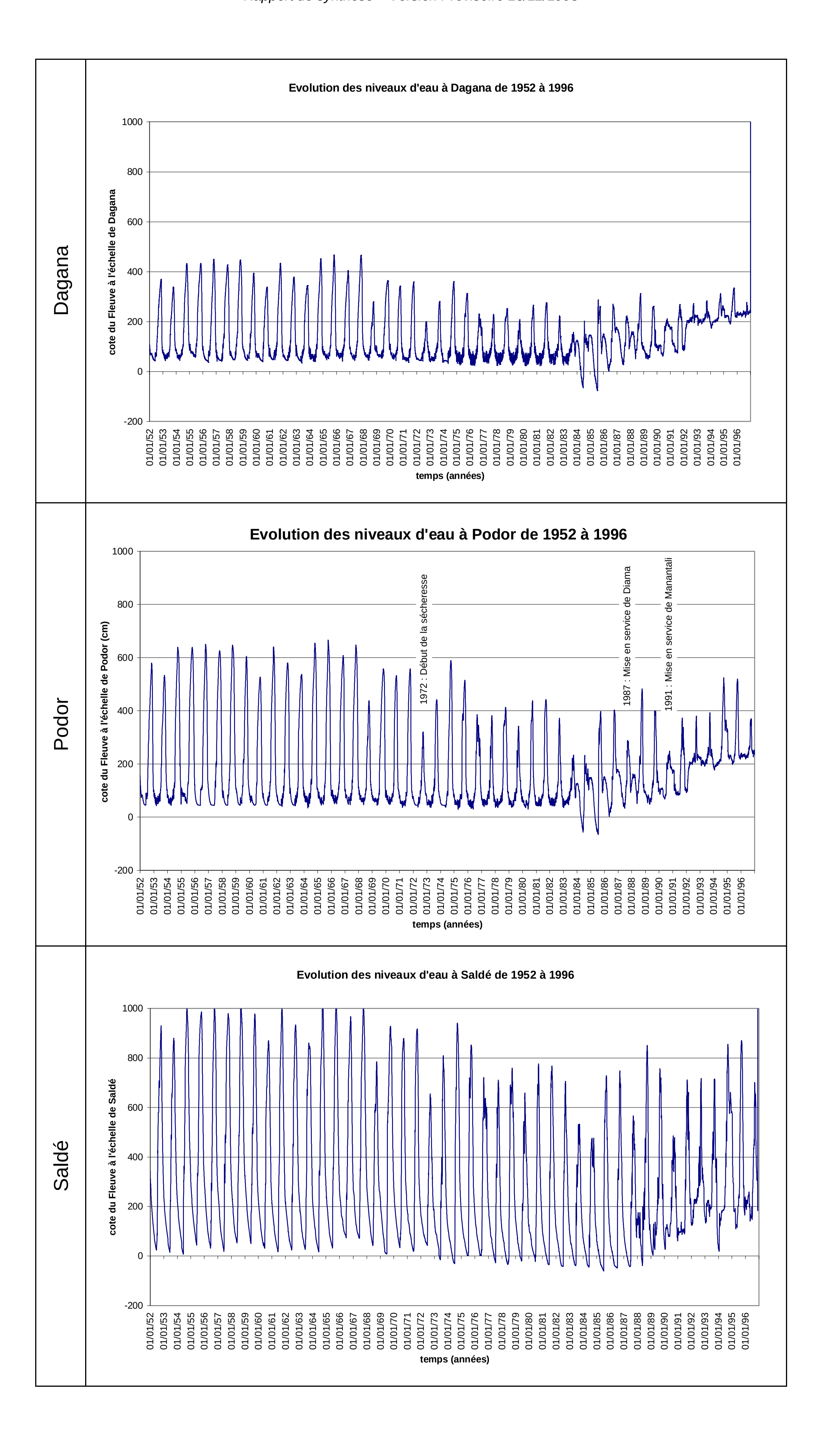
Cette superposition des effets de la sécheresse et de la gestion des ouvrages doit rendre très prudent dans tout travail de comparaison et d'interprétation de données piézométriques de différentes années. En l'absence de chroniques piézométriques de longue durée ce type de comparaison nous semble hasardeux et l'utilisation de modèles, même simplifiés, est particulièrement recommandée.

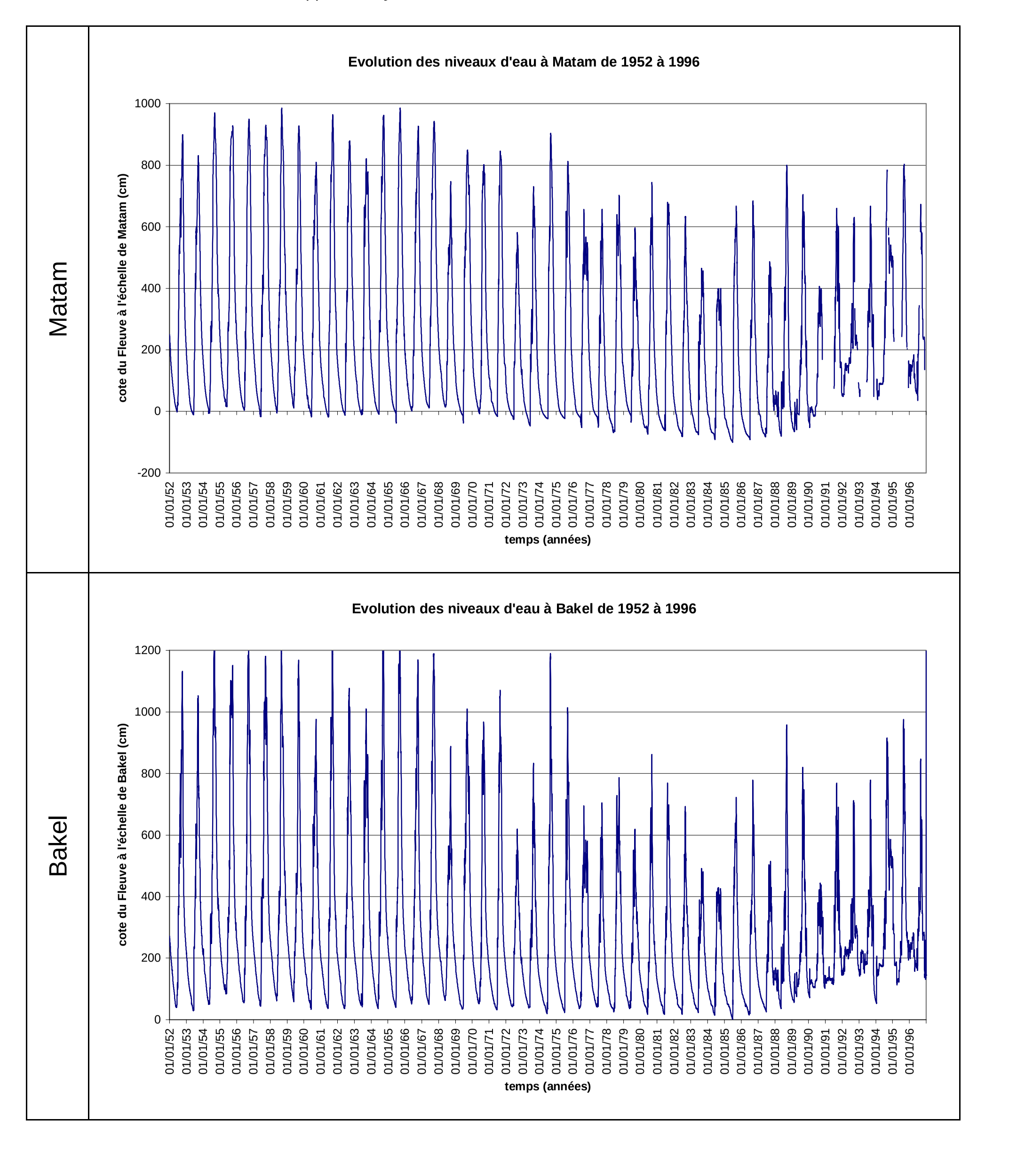
B. La sécheresse

La principale modification hydrologique de ces vingt dernières années n'est pas imputable à la mise en place et à la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal mais à une sécheresse naturelle qui a fortement limité la lame d'eau écoulée du bassin comme l'illustre la figure suivante :



Comme signalé plus haut toute comparaison interannuelle doit d'abord préciser le régime hydrologique naturel de l'année.


Dagana
Evolution des niveaux d'eau à Dagana de 1952 à 1996
cote du Fleuve à l'échelle de Dagana
temps (années)
Podor
Evolution des niveaux d'eau à Podor de 1952 à 1996
cote du Fleuve à l'échelle de Podor (cm)
1972 : Début de la sécheresse
1987 : Mise en service de Diama
1991 : Mise en service de Manantali
temps (années)
Saldé
Evolution des niveaux d'eau à Saldé de 1952 à 1996
cote du Fleuve à l'échelle de Saldé
temps (années)


Matam
Evolution des niveaux d'eau à Matam de 1952 à 1996
cote du Fleuve à l'échelle de Matam (cm)
temps (années)
Bakel
Evolution des niveaux d'eau à Bakel de 1952 à 1996
cote du Fleuve à l'échelle de Bakel (cm)
temps (années)

C. Comparaison sur 27 ans (1970-1996) de l'effet de la gestion par rapport au régime naturel

Pour séparer l'impact de la gestion de celui de la variabilité hydrologique naturelle, nous avons comparé sur 27 ans (1970-1996) la dynamique des niveaux à Bakel selon un scénario de régime naturel et un scénario de gestion optimisée.

Le scénario de gestion optimisée a été élaboré à l'aide du logiciel SIMULSEN (ORSTOM). La gestion de la retenue a été simulée suivant les consignes listées ci-dessous par ordre de priorité décroissante :

- *Respect d'une cote minimale de 187 m dans la retenue. D'après les informations obtenues récemment, il est nécessaire que le niveau ne descende pas en dessous de cette cote, afin de ne pas risquer d'endommager le parement amont de l'ouvrage (batillage)*
- *Respect d'un débit réservé de 20 $m^3 s^{-1}$ à la sortie du barrage et à Bakel*
- *fourniture d'eau nécessaire pour l'irrigation de 100.000 ha de cultures (suivant les hypothèses des études de Gibb concernant ces besoins), augmentée de 30 $m^3 s^{-1}$ pour la compensation des pertes et de 20 $m^3 s^{-1}$ pour la consommation humaine*
- *production de 90 MW d'électricité (ou du maximum productible quand le barrage déverse) si le niveau du lac dépasse un seuil de turbinage S_{turb} fixé à 198m. En dessous de ce seuil, cette consigne n'est pas prise en compte.*
- *soutien de crue visant à réaliser à date fixe un hydrogramme de type ''ORSTOM1'' à Bakel. La règle adoptée pour le déclenchement annuel du soutien est la suivante : si la cote du lac dépasse au 20 août un seuil de soutien S_{sout} fixé à 195m, alors le soutien de crue est réalisé de façon à caler sur le 28 août à Bakel, le premier jour de palier de débit à 2500 $m^3 s^{-1}$. Dans le cas contraire, cette consigne n'est plus prise en compte jusqu'à la fin de l'année, et le soutien de crue n'est pas réalisé.*

La simulation a été menée sur la période 1970-1997, la cote initiale du lac étant fixée à la limite de débordement (208,05m le 1er janvier 1970). On envisage qu'il est toujours turbiné la part maximale turbinable du débit lâché.

Les deux figures de la page suivante illustrent cette comparaison.

La première figure montre pour les années 1987, 1988 et 1989 l'évolution des niveaux à Bakel en régime naturel et en régime de gestion. Ces trois années sont contrastées :

- 1987, année sèche, présente une crue naturelle de faible maximum. Ce maximum aurait été renforcé par la gestion.
- 1988 est une année naturellement humide (pour la période 1972-1997). La gestion aurait écrêté la crue et diminué le maximum
- 1989 est une année moyenne où crue naturelle et crue de gestion sont comparables.

Pour les trois années on note que le niveau à l'étiage est fortement relevé par la gestion (d'environ 2 mètres). On note également que le régime de gestion donne des hydrogrammes semblables d'une année à l'autre.

La seconde figure présente pour les 27 années le niveau minimum non dépassé 15 jours (que l'on juge représentatif des étiages) et le niveau maximum dépassé 30 jours (que l'on juge représentatif de la propagation de la crue dans la vallée) à Bakel.

Dans 70% des cas (19 années sur 27) le niveau maximum en régime naturel est supérieur au niveau maximum en régime de crue. Pour huit années la gestion du soutien de crue artificielle a permis de générer une crue supérieure à la crue naturelle. Dans tous les cas les niveaux en étiage sont fortement relevés par la gestion.

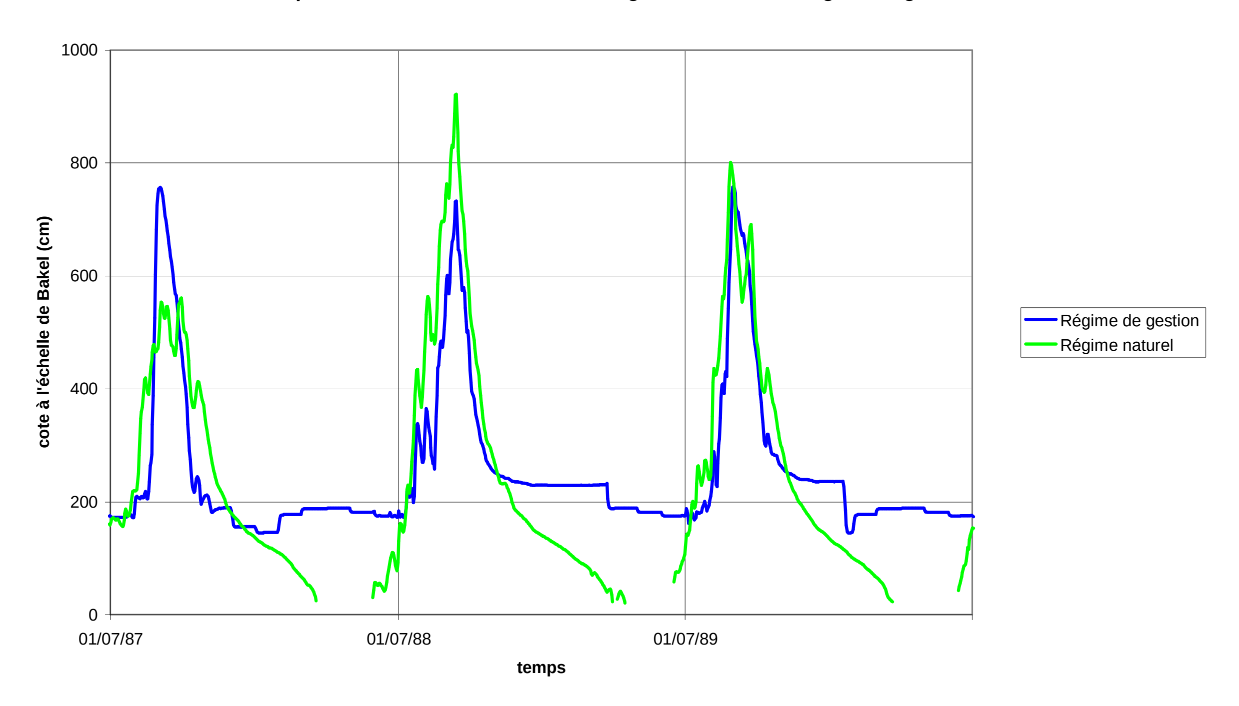
Ainsi on peut considérer que sur la période 1970-1996, la gestion aurait, à Bakel :

- relevé le niveau de base en moyenne de 126 cm (passé de 44 cm à 170 cm)
- réduit l'amplitude de fluctuation annuelle[5] de 180 cm (passé de 509 cm à 329 cm)

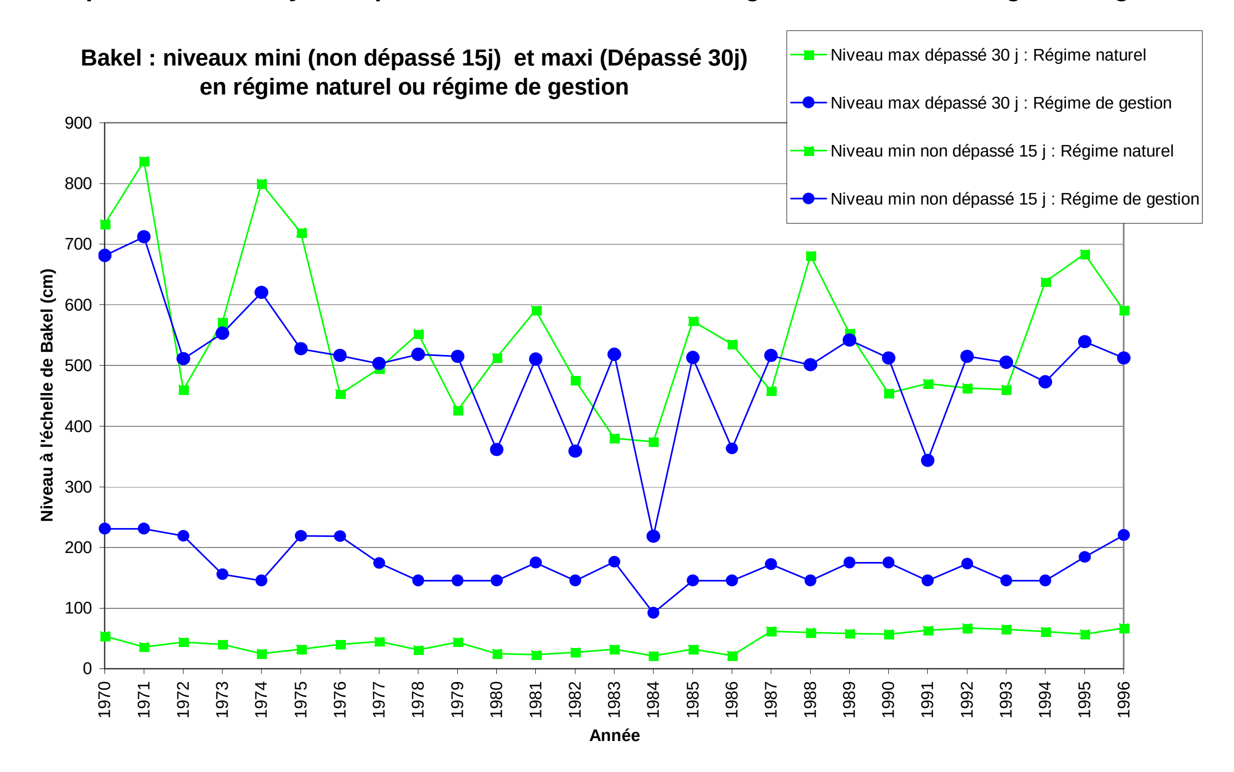
---

[5] *amplitude de fluctuation annuelle définie à Bakel comme la différence entre le niveau maximum dépassé trente jours et le niveau minimum non dépassé 15 jours*

Les valeurs correspondantes pourront être établies pour d'autres stations de la vallée



Comparaison de la dynamique des niveaux à Bakel en régime naturel et en régime de gestion



Comparaison des fluctuations de niveaux à Bakel en régime naturel et en régime de gestion

D. Superficies inondées et durée de submersion

L'extension des superficies inondées par la crue et leur durée de submersion peuvent jouer un rôle important dans la recharge des nappes.

Des travaux de traitement d'images satellite sont actuellement en cours pour quantifier, par tronçon de Fleuve, les superficies inondées pour différentes années de régimes hydrologiques contrastés. Ces données seront ensuite utilisées pour caler un modèle de prévision de la superficie inondée en fonction de l'hydrogramme à Bakel.

Nous développons plus loin la dynamique de recharge des nappes à partir des zones inondées.

E. Les périmètres irrigués

Le développement des périmètres irrigués, et particulièrement des périmètres rizicoles qui restent en eau plusieurs mois, favorise la percolation profonde des eaux de surface vers les nappes.

Dieng (1997) a mené une estimation du volume infiltré en profondeur (au-delà de la couche racinaire) sous les périmètres irrigués, qui l'amène à un chiffre de 30 à 100 mm/an selon le type de périmètre (PIV ou casier).

Pour un total de 100 000 ha irrigués, la percolation totale serait de l'ordre de 65 Millions de m3.

III.B.2. Les effets sur les eaux souterraines des modifications du régime des eaux de surface

A. Comparaison des données piézométriques de la nappe en 1971-1972 et en 1987-1992

Les tentatives de comparaison des piézométries de 1971-1972 (mesures Illy) et de 1989-1992 (mesures Projet OMVS) n'apportent qu'une information limitée et ne permettent pas une réelle quantification des échanges Fleuve-Nappe avant et après mise en service des ouvrages.

Amplitudes de fluctuation :

Ainsi par exemple, Dieng a comparé, sur la moyenne vallée, l'amplitude des fluctuations de niveau de la nappe observée avant la mise en service des barrages (observations par Illy en 1971 et 1972) et après la mise en service (observations par le projet USAID entre 1987 et 1991). Il conclue d'une part que l'influence de la recharge se fait sentir plus loin du Fleuve après barrage qu'avant barrage, d'autre part que l'amplitude de fluctuation près du Fleuve semble avoir diminué après barrage.

Ces conclusions nous semblent devoir être relativisées car les observations sont très dépendantes de l'année hydrologique. Le tableau ci-dessous indique les valeurs de fluctuations du niveau dans le Fleuve à Podor pour les différentes années.

	Niveau max à Podor	Niveau min à Podor	Fluctuation à Podor
1971	514	-7.5	521
1972	276	-7	283
1987	245	-11	256
1988	438	5	433
1989	356	5	351
1990	204	24	180
1991	329	39	290
1992	335	49	286

L'année 1971 apparaît comme une année bien plus humide que les autres ce qui suffirait à expliquer que les fluctuations près du Fleuve observées par Illy soient supérieures à celles observées en 1989

Volumes échangés

Par ailleurs Dieng a repris la méthode d'Illy pour estimer les volumes échangés entre Fleuve et nappe par le volume de la zone de fluctuation. Il a ainsi comparé les estimations d'Illy (250 millions de m3 / an) avec des estimations sur les données de 1989 (330 millions de m3/an).

Là aussi les chiffres doivent être relativisés (les coefficients de corrélation des lois fluctuation en fonction de la distance sont mauvais) et remis en perspectives par rapport à l'année hydrologique (1971 était bien plus humide que 1989).

B. Effets du relèvement du niveau de base

Le relèvement du niveau de base dans le Fleuve, lié à la fois au relèvement de la ligne d'eau à l'amont de Diama et au soutien des débits d'étiage, est de l'ordre de 1,5 m tout le long du Fleuve, de Diama à Bakel.

Si l'on considère que le niveau moyen de la nappe alluviale à l'étiage s'est relevé de moitié (0,75m) le volume qui a été stocké dans la nappe est de l'ordre de 225 Millions de m3.

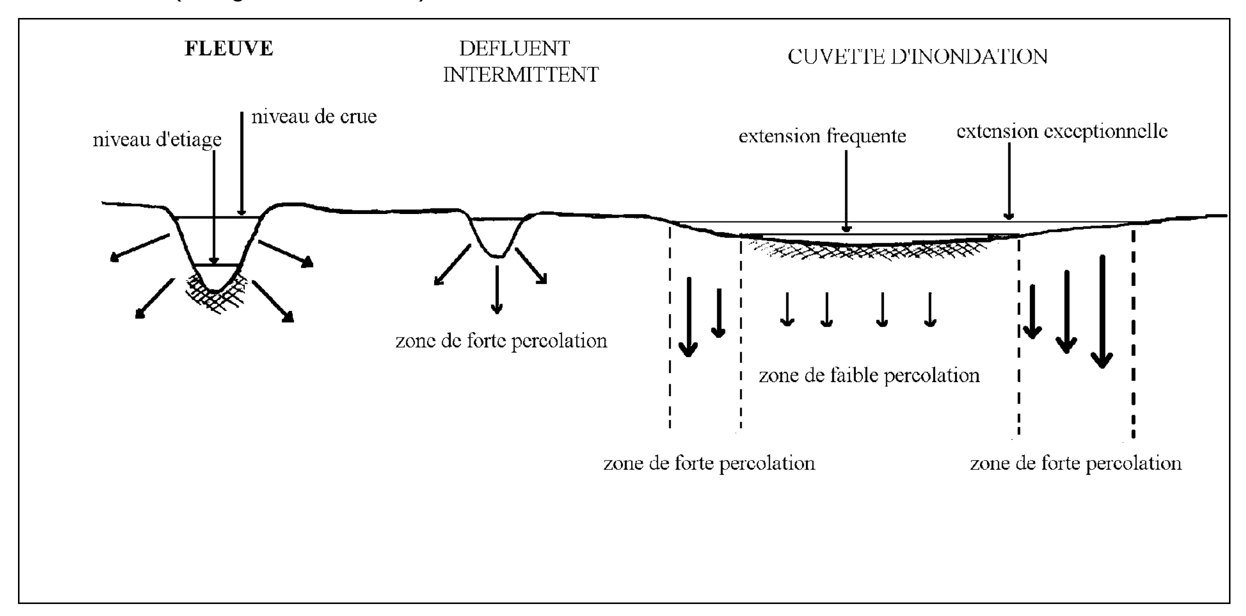
Il conviendrait de vérifier l'extension et l'intensité de cette remontée du niveau de base de la nappe longitudinalement et transversalement à la Vallée, pour déterminer si cette recharge s'écoule vers l'extérieur de la vallée ou bien reste dans la nappe alluviale et joue elle-même un rôle positif dans le soutien des étiages.

C. Contribution des zones inondées à la recharge des nappes

Si le soutien des étiages et le relèvement du Plan d'eau à l'amont de Diama vont indéniablement dans le sens d'une augmentation de la recharge des eaux souterraines, la limitation de l'extension des zones inondées et de leur durée moyenne de submersion peut jouer un effet contraire

Il est aujourd'hui impossible, faute d'un dispositif de mesure et de suivi adapté, de quantifier le rôle joué par les zones d'inondation dans la recharge des nappes. Les quelques piézomètres installés dans les cuvettes inondées n'ont généralement pas été suivis au cours des phases d'inondation en raison de leur difficulté d'accès.

On peut légitimement supposer que le fond des cuvettes, ayant accumulé des sédiments fins et étant constitué de sols argileux lourds très peu perméables, est peu propice à la percolation verticale et à la réalimentation de la nappe alluviale. En revanche les défluents intermittents et les zones périphériques des cuvettes peuvent assurer une part sensible de la réalimentation des eaux souterraines (cf. figure ci-dessous).



Coupe transversale schématique de la Vallée et processus de recharge de la nappe à partir du Fleuve, des défluents intermittents et des cuvettes d'inondation

Pour améliorer notre compréhension des mécanismes d'échange entre le Fleuve, les cuvettes d'inondation et la nappe, trois approches complémentaires devraient être mises en œuvre :

- Le suivi régulier des débits (par mesure directe hebdomadaire) en différentes sections du Fleuve pour quantifier les différents éléments du bilan hydrique (Débits amont et aval, évaporation, infiltration, stockage, drainage des cuvettes et de la nappe)
- Un dispositif de mesure spécifique sur une cuvette d'inondation, suivi sur plusieurs années, avec une caractérisation hydrodynamique conséquente de la cuvette. Ce dispositif permettrait de quantifier localement le lien entre le volume infiltré et l'extension de la zone inondée. Resterait toutefois le problème délicat de l'extension de ces résultats locaux à l'ensemble de la vallée.
- Une approche de modélisation permettant de représenter les processus d'échange entre eaux de surface et eaux souterraines et de les quantifier selon différents scénarios de débits et niveaux dans le Fleuve et d'extension des zones inondées

Nous allons illustrer ici le troisième point en étudiant de façon schématique la contribution d'une zone d'inondation à la recharge de la nappe. Il s'agit ici d'une étude préliminaire montrant la faisabilité et l'intérêt de la modélisation, et non pas d'une véritable estimation des volumes de recharge, qui nécessiterait un travail plus important.

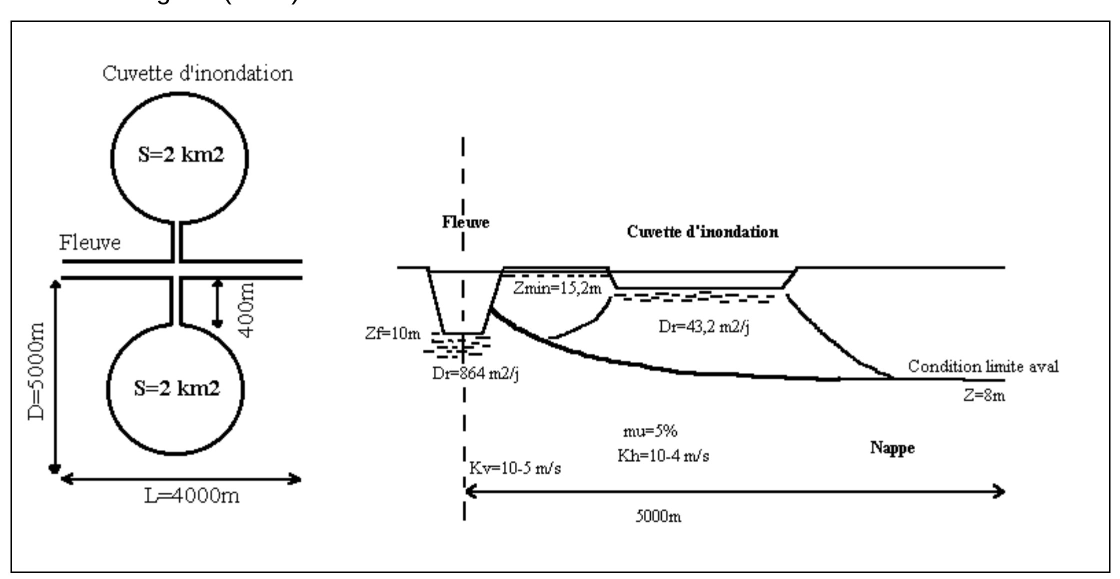
Contribution des zones d'inondation à la recharge de la nappe. Approche par la modélisation

Une étude a été réalisée par l'ORSTOM sur la base d'un modèle de simulation (Touzi 1998) avec pour objectifs :

- De représenter la dynamique de la recharge de la nappe et les rôles respectifs du Fleuve et d'une zone d'inondation dans cette recharge
- De comparer sur 5 années les volumes de recharge en régime naturel et en régime de gestion (voir D.)

Dynamique de la recharge de la nappe et rôle de la zone d'inondation

Les résultats reposent sur une schématisation volontairement simplifiée du système fleuve – zone d'inondation – nappe. Les caractéristiques hydrodynamiques ont été choisies sur la base des résultats de l'étude de Diagana (1993).



Les figures de la page suivante illustrent la dynamique de la nappe en interaction avec le Fleuve seul ou bien avec le Fleuve et une zone d'inondation.

Cas du Fleuve seul : Lorsque le niveau dans le Fleuve monte, la recharge démarre en atteignant d'abord les piézomètres les plus proches. Lorsque le niveau dans le Fleuve redescend, les niveaux piézométriques continuent à monter tant que le niveau du Fleuve leur est supérieur puis ils décroissent. On observe alors un maximum piézométrique intermédiaire entre le Fleuve et la limite aval : une partie de la nappe est drainée par le Fleuve, une autre est drainée par la condition limite aval.

Cas du Fleuve avec zone d'inondation : Le processus est le même mais la forme piézométrique de la nappe est influencée par la présence de la cuvette. En phase de descente des eaux, la cuvette constitue la zone de piézométrie haute et alimente à la fois la nappe et le retour vers le Fleuve.

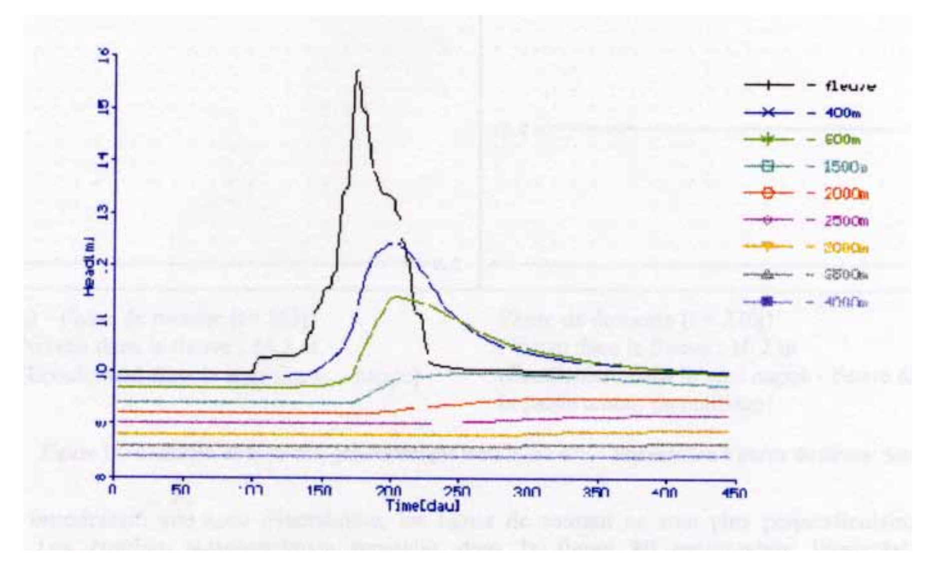
Comparaison des volumes de recharge de la nappe avec ou sans zone d'inondation:

Il est intéressant, sur la base des paramètres choisis pour le modèle, de comparer les volumes échangés entre les eaux de surface et les eaux souterraines dans le cas du Fleuve seul ou avec cuvettes d'inondation.

	Recharge à partir du Fleuve	Recharge à partir de la cuvette	Recharge Totale (Vt)	Vt /VFseul	Extrap. Vallée
Fleuve seul	385 402 m3/an		385 402 m3/an	1.00	173 Millions m3
Fleuve+cuvette	189 216 m3/an	472 883 m3/an	662 098 m3/an	1.71	298 Millions m3

On constate que la présence de la cuvette a augmenté de près de 70% la recharge totale de la nappe. Les cuvettes jouent également un rôle important en transférant une partie du volume d'écoulement du Fleuve de la période de crue à la période d'étiage.

Le volume de recharge extrapolé à l'ensemble de la vallée n'a bien sûr qu'une valeur indicative mais on constate qu'il est du même ordre de grandeur que les estimations de Illy et Dieng.



Recharge de la nappe à partir du Fleuve : évolution des piézométries en fonction de la distance au Fleuve

Fleuve seul

a) Phase de montée (t= 163j)
Niveau dans le fleuve : 14,5 m
(Ecoulement dans le sens fleuve - nappe)

Phase de descente (t = 270j)
Niveau dans le fleuve : 10,2 m
(Ecoulement dans le sens nappe - fleuve dans la partie amont du maillage)

Fleuve avec cuvettes d'inondation

a) 7 jours après la mise en eau de la cuvette.
Niveau dans le fleuve : 16.8m
Niveau dans la cuvette : 16.8m

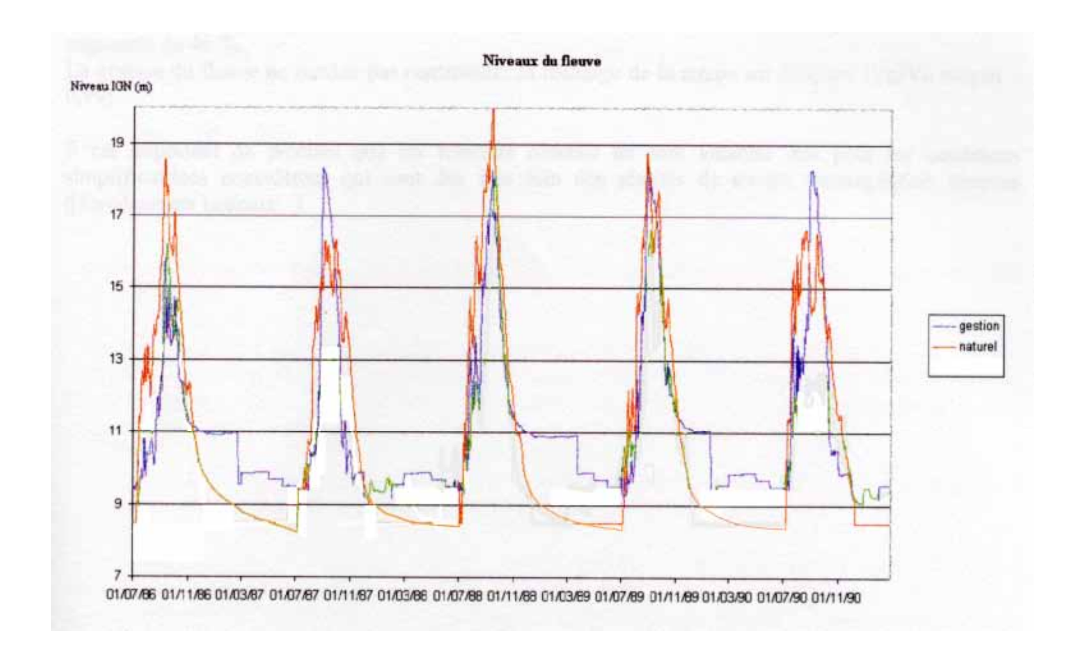
b) Un mois après la mise en eau de la cuvette
Niveau dans le fleuve : 14.3m
Niveau dans la cuvette : 15.5m

c) Fin de la phase de descente dans le fleuve
Niveau dans le fleuve : 11m
Cuvette à sec

Cartes piézométriques de la nappe à différentes phases de la recharge à partir du Fleuve seul (2 figures du haut) ou du Fleuve avec cuvettes d'inondation (3 figures du bas)

D. Comparaison sur 5 années des volumes de recharge estimés en régime naturel et en régime de gestion

L'étude compare, sur le modèle simplifié présenté plus haut, le volume de recharge des eaux souterraines au cours de la période 1986-1991 selon que le Fleuve aurait été en régime naturel ou bien géré selon les règles de gestion optimisée (cf. III.B.1.C.). Elle prend en compte les différences de niveau dans le Fleuve entre les deux scénarios ainsi que les différences de durées de submersion, mais pas les différences d'extension des zones inondées (données non disponibles)



Le tableau ci-dessous indique année par année le volume de la recharge du Fleuve vers la nappe (en m3 pour une rive et un tronçon de 4 km de Fleuve) en régime naturel et en régime de gestion des ouvrages pour un sous-système situé à l'amont de Matam (Waoundé).

Saison	Vn = Volume infiltré en crue naturelle	Vg = Volume infiltré en gestion "optimisée"	Rapport Vg/Vn (%)
1986-1987	613085	514254	84
1987-1988	293639	429374	146
1988-1989	625698	534987	86
1989-1990	434396	453482	104
1990-1991	390432	402250	103
moyenne	471450	466869	99

Pour la période 1986-1991 et pour le système considéré (selon la schématisation adoptée), les volumes de recharge des eaux souterraines sont donc globalement équivalents.

E. Qualité des eaux souterraines.

L'analyse de la conductivité des eaux souterraines (µS/cm), traduite en minéralisation (g/l), et sa cartographie sur la vallée donne les résultats suivants :

- C'est sur la partie ouest de la vallée et en période de hautes eaux que l'on trouve les conductivités les plus élevées dans la nappe alluviale.
- On constate le même phénomène sur la nappe de l'Eocène.
- Les valeurs de conductivité ont tendance à diminuer par rapport à celles déterminées par Illy (1973)

Sur la moyenne Vallée on ne dispose pas de données sur la qualité des eaux souterraines en termes de nitrates et phosphates.

Compléter avec les données Delta

IV. Conclusions et Recommandations :

Les eaux souterraines de la Vallée du Fleuve Sénégal sont organisées en trois aquifères principaux superposés : le Maastrichien (le plus ancien), l'Eocène et le Quaternaire (nappe de formations alluviales récentes). Le Maastrichien et l'Eocène sont des nappes captives mais ont une très bonne communication piézométrique (équilibrage des pressions) avec la nappe alluviale.

Les effets de la gestion du Fleuve sur les eaux souterraines sont donc principalement sensibles sur la nappe alluviale.

Un réseau de piézomètres et de puits existe mais n'a été observé de façon systématique qu'au cours des périodes 1971-1972 et 1989-1992.

Ces observations ont permis de déterminer certaines caractéristiques hydrodynamiques des aquifères, de vérifier leur communication, et de saisir les grands traits de leur fonctionnement : fluctuations annuelles liées aux crues du Fleuve et s'atténuant avec la distance au Fleuve.

Elles sont en revanche insuffisantes pour permettre d'apprécier et de quantifier l'impact de la gestion du Fleuve sur la recharge des eaux souterraines.

La gestion des eaux de surface du Fleuve a un quintuple impact sur la recharge des eaux souterraines :

- Le relèvement de la ligne d'eau à l'amont de Diama et le soutien des étiages ont fait remonter d'environ 1,50 m le niveau de base du Fleuve sur l'ensemble de la Vallée (de Diama à Bakel). Ceci a dû se traduire (il n'y a pas encore eu d'observation systématique) par une remontée généralisée du niveau de la nappe alluviale. On peut estimer à 250 Millions de m3 l'augmentation du volume stocké dans le sous-sol de la Vallée depuis la mise en service des ouvrages. Cette élévation du niveau de base de la nappe rend plus rapide la propagation à travers la nappe alluviale des fluctuations de niveau dans le Fleuve.
- L'amplitude de fluctuation des niveaux dans le Fleuve a diminué du fait de la gestion et de l'écrêtage des crues (passage de l'amplitude de fluctuation significative à Bakel de 5,10 m à 3,30 m).
- L'extension des zones inondées et leur durée de submersion sont réduites ce qui pénalise la recharge de la nappe. Il est toutefois impossible de quantifier cet effet sur la base des informations actuellement disponibles. Seul un travail de modélisation peut renseigner sur l'impact possible de cette réduction de la contribution des zones inondées mais il doit pour cela utiliser une quantification, actuellement en cours d'élaboration, de l'extension des superficies inondées en fonction de la gestion.
- Le développement des périmètres irrigués accroît localement la percolation profonde vers la nappe alluviale, de l'ordre de 30 à 100 mm/an, soit 65 Millions de m3/an pour 100 000 ha irrigués.
- En termes de qualité des eaux souterraines, la zone du Delta est la principale zone affectée. Elle connaît des remontées de taux de minéralisation (sels d'origine marine dans la nappe) à chaque période de hautes eaux.

En l'état actuel des connaissances, la gestion des eaux de surface du Fleuve Sénégal semble ne pas avoir d'effet négatif sur la dynamique des eaux souterraines, à l'exception de la zone du Delta où l'hydromorphie se développe (nécessité de réseaux d'émissaires pour le drainage et d'une évacuation raisonnée de ces eaux de drainage), accompagnée de remontées salines qui constituent un phénomène transitoire (dont la durée n'a pas été évaluée, l'apport d'eau douce et le drainage devant progressivement évacuer les sels).

Sur le reste de la vallée le rehaussement du niveau de base doit avoir un effet positif tant sur la capacité de prélèvement des puits que sur l'accès à l'eau des écosystèmes forestiers.

Recommandations :

Si ce tableau globalement positif ne soulève pas de contraintes pour la gestion des ouvrages (mis à part le raisonnement des émissaires de drainage sur la partie aval), les lacunes de connaissance sur le fonctionnement réel des aquifères depuis la mise en service des ouvrages nous amènent à formuler trois recommandations, qui s'accordent d'ailleurs avec les recommandations du rapport de Dieng (1997) :

1. La remise en service d'un réseau minimum de piézomètres pour le suivi régulier et à long terme des eaux souterraines le long de la vallée. Une attention particulière devrait être accordée à la recharge par les périmètres irrigués et par les zones d'inondation (pour lesquelles un dispositif spécifique devrait être mis en place). Les données ainsi acquises seront confrontées aux données des périodes 1971-1972 et 1989-1992.
2. La mesure régulière et systématique des débits en différentes sections du Fleuve et l'interprétation détaillée des bilans par tronçons au cours de l'année.
3. Le développement d'une approche de modélisation pour obtenir une vision d'ensemble de la relation eaux de surface – eaux souterraines.

Références Bibliographiques :

1960	Les eaux souterraines de l'Afrique Occidentale Auteur : Archambault J. Imprimeries Berger-Levrault, Nancy	
1973	« Etude Hydrogéologique de la vallée du Fleuve Sénégal, Projet Hydroagricole du bassin du Fleuve Sénégal » Auteur : Illy P. 158 pages Rapport RAF 65061	
1975	Cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique sahélienne Auteur : BRGM 93 pages ; Cartes 1 / 1 500 000 ème	
1990	« Senegal River Basin monitoring activity, hydrological issues, Part I – II » Auteur : Hollis G.E. 55p. ; Institute for Development Anthropology	
1992	« Connaissances sur l'inondation dans l'Ile à Morphil » Auteur : Diop A. 57 pages ; Université Cheik Anta Diop de Dakar ; Mémoire de Maîtrise	
1993	Equesen – Environnement et Qualité des Eaux du Sénégal Rapport de synthèse Tome 4 - Chapitre VII : « Relations eaux de surface – eaux souterraines dans la vallée alluviale » Auteurs : Gac, Saos 42 pages ; ORSTOM ; Projet CEE TS 2 0198 F EDB	
1994	« Etudes Hydrogéologiques dans la vallée du Fleuve Sénégal de Bakel à ….. : Relations Eaux de Surface / Eaux Souterraines Auteur : Diagana A. 123 pages ; Université Cheik Anta Diop de Dakar ; Rapport de Thèse	
1995	« The effects of climate changes on aquifer storage and river baseflow » Auteurs : Cooper D.M., Wilkinson W.B., Arnell N.W. 615-629 = 17 pages ; Hydrological Sciences Vol 40-5	
1997	« Synthèse et Analyse de données Hydrogéologiques de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal » Auteur : Dieng B. 42 pages et annexes ; EIER – OMVS ; Rapport de synthèse	
1998	Formalisation des échanges Fleuve-Nappe en présence de zones d'inondation : cas de la régularisation des crues du Fleuve Sénégal Auteur : Touzi S. 78 pages et annexes ; ORSTOM ; Rapport de DEA	

OMVS

Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal

IRD

Institut de Recherche pour le Développement

P.O.G.R.

PROGRAMME D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur la QUALITE DES EAUX

Rapport de synthèse

Version Provisoire 19/01/1999

TOME 5.F

Mission Française de Coopération

Impacts potentiels de la gestion des ouvrages et des eaux de surface du Fleuve Sénégal sur la qualité des eaux

Rapport de synthèse – Version Provisoire 15/12/1998

La question qui nous intéresse ici est celle de l'impact potentiel de la gestion des réservoirs du Fleuve Sénégal sur la qualité des eaux du Fleuve à la fois en terme de transport solide (matières en suspension et dépôts dans les retenues) et de transport dissous.

Cet impact est potentiellement de trois natures :

Les phénomènes de stockage des matières en suspension au niveau des deux retenues de Manantali et Diama

Les modifications de régime hydrologique qui ont des implications en terme de capacité de transport et d'érosion des eaux du Fleuve et peuvent modifier sur le long terme la géodynamique de la vallée

Les aménagements hydroagricoles qui modifient la qualité des eaux par les matières dissoutes (salinité, nitrates et fertilisants, produits phytosanitaires)

I. Connaissances sur le transport solide et en suspension du Fleuve

I.A. Les campagnes de mesure et les données existantes

Les flux de matières en suspension (matières particulaires) à l'embouchure du Fleuve ont été estimés à travers différentes études. Le tableau ci-dessous indique les campagnes de mesures qui ont été réalisées aux différentes stations.

Mesures de matières en suspension sur le Fleuve Sénégal

Année	Saint-Louis	Diama	Dagana	Podor	Matam	Bakel	Kayes	Manantali	Kidira (Falémé)	Fadougou
1950-1951										
1951-1952										
1952-1953										
1953-1954			Seguy 55			Seguy 55				Seguy 55
1954-1955										
1955-1956			Mandin 57			Mandin 57				Mandin 57
1956-1957			Mandin 57			Mandin 57				Mandin 57
1957-1958										
1958-1959										
1959-1960										
1960-1961										
1961-1962										
1962-1963										
1963-1964										
1964-1965										
1965-1966										
1966-1967										
1967-1968										
1968-1969							Sénégal - Consult			
1969-1970							Sénégal - Consult			
1970-1971										
1971-1972										
1972-1973										
1973-1974										
1974-1975										
1975-1976										
1976-1977										
1977-1978										
1978-1979										
1979-1980						Equesen 93			Equesen 93	
1980-1981						Equesen 93			Equesen 93	
1981-1982	Gac 86					Equesen 93			Equesen 93	
1982-1983	Gac 86					Equesen 93			Equesen 93	
1983-1984						Equesen 93			Equesen 93	
1984-1985						Equesen 93				
1985-1986						Equesen 93				
1986-1987						Equesen 93				
1987-1988						Equesen 93				
1988-1989						Equesen 93				
1989-1990		Equesen				Equesen 93				
1990-1991		Equesen				Equesen 93				
1991-1992		Equesen				Equesen 93				
1992-1993						Equesen 93				
1993-1994						Equesen 93				
1994-1995										
1995-1996										
1996-1997										
1997-1998										
1998-1999										

Les minéraux argileux dominent (kaolinite et smectite). L'expulsion de matière organique ne représente que quelques pour cents des transferts solides vers l'océan.

I.B. La dynamique et les mécanismes de transport en suspension

Mécanismes

On trouve dans Gac (1986) et Equesen (1993) une explication synthétique de la dynamique du Transport solide au fil de l'année :

Pour tous les cycles étudiés, l'évolution de la charge solide présente la même physionomie :

- une phase d'érosion précoce qui s'étend en général sur un mois
- une phase d'érosion et transport qui correspond au passage de la crue (en général sur deux mois)
- une période d'alluvionnement pendant laquelle le Fleuve perd sa capacité de transport solide et ne véhicule plus que des eaux faiblement turbides

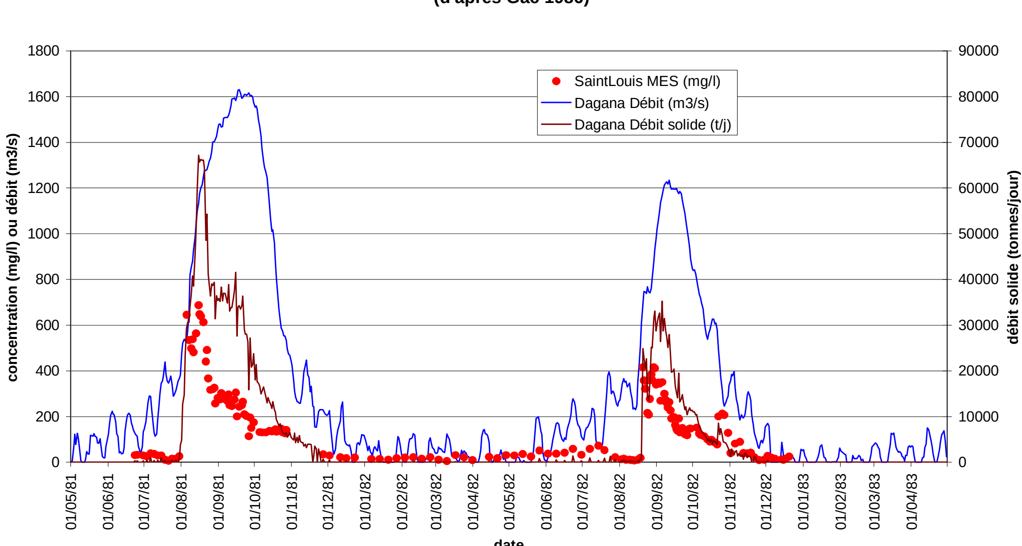
Au cours de la première phase les variations de la charge solide sont importantes et rapides. Elles dépendent de la force érosive des averses, de la reprise des laissés de crue, et donc de l'état du bassin à la suite de la saison des pluies précédente. Par conséquent la réponse du Bassin au cours de la phase d'érosion précoce ne dépend pas seulement de la crue annuelle : elle est aussi fonction de l'empreinte de l'année antérieure. C'est pendant cette phase que l'on mesure les charges maximales. Elles sont, à l'embouchure du Fleuve Sénégal, de plusieurs centaines de milligrammes par litre

La seconde période est plus calme, l'amplitude des variations s'atténue. Elle traduit les possibilités réelles de la crue qui se déroule. La charge en suspension diminue dans le cours d'eau alors que les débits augmentent. Cette phase de transition correspond à la fin de l'érosion des versants et surtout à l'érosion des berges et du lit mineur. Une forte augmentation des écoulements dilue la charge solide.

La période d'alluvionnement se traduit par la diminution simultanée de la turbidité et des écoulements. Au cours de cette phase la rivière perd rapidement de sa capacité de transport et les matériaux décantent en partie dans le lit mineur.

La pointe de concentration et la pointe de débit solide précèdent la pointe de crue comme l'illustre la figure ci-dessous :

1981-1983 : Débit solide à l'embouchure du Sénégal
mesures de charge solide à Saint-Louis et de niveaux à Dagana (transformés en débit)
(d'après Gac 1986)



Ce décalage temporel entre pointe de transport solide et pointe de crue est lié :

- d'une part au fait que la majeure partie de l'érosion sur le Bassin Versant se produit en début de saison des pluies et que l'érosion des berges se produit principalement en phase de montée des eaux,
- d'autre part au fait que au sommet de la crue l'eau inonde le lit majeur où une partie des matières en suspension est déposée.

Concentration maximales

Le tableau ci-dessous illustre les valeurs maximum de concentrations de matières en suspension mesurées entre 1981 et 1993 à la station de Bakel et à l'aval (St Louis ou Dagana). On note un très net laminage des concentrations de l'amont vers l'aval.

Concentrations maximum de matières en suspension				
	Bakel		StLouis - Dagana	
	date	concentration (mg/l)	date	concentration (mg/l)
1981	20-juil	805		686
1982	17-juil	724		416
1983	10-juil	1852		
1984	22-juin	2728		
1985	06-juil	1935		
1986	14-juil	1205		
1987	04-août	1749		
1988	31-juil	1007		
1989	12-juil	1514	01-sept	741
1990	01-juil	1409	12-août	367
1991	14-juil	2091	04-sept	665
1992	11-juil	1027	15-sept	529
1993	01-juil	1008		

Estimation du tonnage de matières solides

Plusieurs estimations du tonnage exportés aux différentes stations ont été effectuées par les différentes études

MANANTALI

L'extrapolation à partir des mesures effectuées à Kayes en 1968 et 1969 (Gac 1986) amène à une estimation de débit solide à Manantali de l'ordre de 1 400 000 tonnes par an

KAYES

A Kayes, les mesures réalisées à la turbisonde en juillet-septembre 1968 et juillet-septembre 1969 indiquent un transport solide de l'ordre de 2 300 000 tonnes par an (Gac 1986)

BAKEL

Michel (1973), sur la base des mesures de la M.A.S., a estimé l'exportation détritique à :

2 800 000 tonnes en année de crue très forte

1 900 000 tonnes en année de crue moyenne

1 000 000 tonnes en année de crue faible

L'extrapolation à partir des mesures effectuées à Kayes en 1968 et 1969 (Gac 1986) amène à une estimation de 2 900 000 tonnes par an

La station de Bakel a été suivie régulièrement de 1979 à 1993 ce qui fournit 14 années de données sur le transport en suspension (Equesen 1993 Chapitre 5). L'estimation des flux annuels donne les résultats suivants :

Flux solide et liquide à Bakel			
	Flux solide 10^6 t	Flux liquide 10^9 m3	Concentration moyenne (mg/l)
1979-1980	1.48	9.56	155
1980-1981	2.46	12.24	201
1981-1982	2.34	13.37	175
1982-1983	1.42	9.62	148
1983-1984	1.61	6.89	234
1984-1985	1.28	6.78	189
1985-1986	4.01	11.20	358
1986-1987	3.17	10.82	293
1987-1988	1.63	6.94	235
1988-1989	3.93	13.50	291
1989-1990	2.36	12.43	190
1990-1991	1.11	7.41	150
1991-1992	3.70	12.00	308
1992-1993	1.95	13.10	149
moyenne 79-92	**2.32**	**10.42**	**222**
moyenne 79-86	2.22	10.06	221
moyenne 87-92	2.45	10.90	225

EMBOUCHURE

Les mesures réalisées par Gac et Kane (mesures de concentration à Saint Louis, pondérées par les débits reconstitués à partir des niveaux mesurés à Dagana) donnent les estimations suivantes :

2 865 000 tonnes en 1981-1982

1 186 000 tonnes en 1982-1983

	Volume à l'aval (10^9 m^3)	Module à l'aval	Flux annuel de matières particulaires à l'aval	Turbidité moyenne à l'aval	Volume à Bakel (10^9 m^3)	Module Bakel	Flux annuel de matières particulaires à Bakel	Turbidité moyenne à Bakel
1981-1982	11.38	361 m3/s	2 865 000 t	251.7 mg/l	13.37	424 m3/s	2 340 000 t	175 mg/l
1982-1983	7.63	242 m3/s	1 186 000 t	155.5 mg/l	9.62	305 m3/s	1 420 000 t	148 mg/l

D'après Gac 1986

La confrontation de ces flux de matières en suspension à l'embouchure avec les flux enregistrés à Bakel montre que le comportement d'alluvionnement ou d'érosion entre Bakel et Saint Louis n'est pas trivial. En 1981-1982 le flux solide aval a augmenté par rapport au flux amont (érosion de 525 000 t entre Bakel et Saint Louis), alors qu'en 1982-1983, pour une crue plus faible, il se produit le phénomène inverse (alluvionnement de 234 000 t entre Bakel et Saint Louis).

EROSION DES BERGES

L'érosion des rives concaves dans les méandres les plus importants a été estimée à 1 à 1,5 m/an (Gac 1986).

EROSION DU BASSIN

En rapportant le flux solide à l'embouchure à la superficie totale du bassin on obtient des taux de dégradation spécifique de 10,6 t/km²/an en 1981-1982 et de 4,4 t/km²/an en 1982-1983.

Nature des sédiments

Différentes analyses ont été menées sur les matières en suspension dans le Fleuve Sénégal : analyses granulométriques, minéralogiques et chimiques.

Les sédiments ont une granulométrie homogène en cours d'année et essentiellement argileuse : 76% d'argile (<2µ), 23,7% de limons (de 2 à 50µ) et 0,3% de sables (> 50µ). Il convient toutefois de noter que les méthodes de mesure ne permettaient pas d'apprécier le transport de matériaux sableux par charriage en fond de Fleuve, flux généralement très faible (quelques %) par rapport au flux en suspension.

La composition minéralogique des sédiments étudiée en détails pour la période 1981-1982 montre une forte dominante de kaolinite (50 à 75%) et de smectite (15 à 35%)

I.C. Effets de la gestion des ouvrages du Fleuve Sénégal sur le transport solide

Changements de régime de transport solide du Fleuve

La seule étude ayant abordé ce point est Equesen qui a suivi les flux de particules à Bakel de 1979 à 1993 et a ainsi pu comparer les flux de matière solide avant la mise en service du barrage (flux naturels) et après sa mise en service.

Une telle comparaison est bien sûr hasardeuse compte tenu de la très forte variabilité naturelle des flux solides d'une année à l'autre.

On note toutefois que les périodes 1979-1986 et 1987-1993 présentent des volumes moyens écoulés équivalents et des charges moyennes en sédiments également équivalentes.

Sédimentation dans les retenues

Etude bathymétrique de la retenue de Diama depuis Richard Toll (IRD janvier 1999).

II. Connaissances sur le transport dissous du Fleuve

III. Evolution de la salinité des sols et des eaux.

III.A. Les périmètres irrigués

III.B. Les effets induits du relèvement du Plan d'eau de Diama

Références bibliographiques

1986	Le Fleuve Sénégal : 1. Bilan hydrologique et flux continentaux de matières particulaires à l'embouchure Auteurs : Gac J.-Y. et Kane A. Bulletin des Sciences Géologiques, 39, 1, p. 99-130, Strasbourg	
1957	Rapport sur les mesures de débits solides à Dagana, Bakel et Fadougou Auteur : Mandin Bulletin de la Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal (M.A.S.), 44, 60 p.	
1985	L'invasion marine dans la basse vallée du Sénégal Auteurs : Gac J.-Y., Kane A., Saos J.-L., Carn M., Villeneuve J.E. Revue Hydrobiologie Tropicale, ORSTOM, Dakar, 38 pages	
1967	Les dépôts du Quaternaire récent dans la basse vallée du Sénégal Auteur : Michel P. Bulletin Inst. Fond. Afrique Noire, A, 29, 2, p. 853-860	
1973	Les bassin des Fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique Auteur : Michel P. Thèse Lettres, Université de Strasbourg 1970 et Mémoire ORSTOM, 63, 752 pages	
1984	Dynamique des paysages et aménagement de la vallée alluviale du Sénégal Auteurs : Michel P., Sall M. Mémoire ORSTOM, 106, p. 89-109	
1974	Monographie du Fleuve Sénégal Auteur : Rochette C. Monographies Hydrologiques de l'ORSTOM, 1, 391 p.	
1982	Dynamique et Morphogénèse actuelle du Sénégal Occidental Auteur : Sall M. Thèse Lettres, Université de Strasbourg, 604 p.	
1955	Rapport sur les mesures de débits solides du Fleuve Sénégal à Dagana (campagne 1955) Auteur : Seguy J. Bulletin de la Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal (M.A.S.), 42, 28 p.	